RETURN TO

LIBRARY OF MARINE BIOLOGICAL LABORATORY

WOODS HOLE, MASS.

LOANED BY AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

HUNDERTSIEBZEHNTER BAND.

WIEN, 1908.
AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,
K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

SITZUNGSBERICHTE

DER

THEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN KLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

CXVII. BAND. ABTEILUNG I.

JAHRGANG 1908. — HEFT I BIS X.

(MIT 5 KARTEN, 47 TAFELN UND 144 TEXTFIGUREN.)

WIEN, 1908.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

A1772

INHALT.

Seite

Becke F., Bericht über die Aufnahmen am Nord- und Ostrand des Hochalmmassivs. (Mit 1 Tafel, Kartenskizze und Profile, und 5 Textfiguren.) [Preis: 1 K 40 h — 1 M 40 pf] 371

Beck v. Mannagetta und Lerchenau G., Vegetationsstudien in den Ostalpen. II. Die illyrische und mitteleuropäisch-alpine Flora im oberen Save-Tale Krains. (Mit 1 Karte.) [Preis: 3 K 80 h — 3 M 80 pf] . . 453

Birula A. A., Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. F. Werner's nach dem ägyptischen Sudan und Nord-Uganda. XIV. *Scorpiones* und *Solifugae*. [Preis: 90 h — 90 pf] 121

Boresch K., Über Gummifluß bei Bromeliaceen nebst Beiträgen zu ihrer Anatomie. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 2 K 20 h — 2 M 20 pf]. 1033

Brdlík V., Zur Phosphorfrage im Chlorophyll. [Preis: 55 h — 55 pf] . . 529

Dittler E., Die Erstarrungskurven einiger Silikatschmelzen. (Mit 2 Tafeln und 10 Textfiguren.) [Preis: 1 K 80 h — 1 M 80 pf] 581

Doelter C., Über die Dissoziation der Silikatschmelzen. (II. Mitteilung.) (Mit 11 Textfiguren.) [Preis: 1 K 60 h — 1 M 60 pf] 299

— Über die Einwirkung von Radium- und Röntgenstrahlen auf die Farben der Edelsteine. (Mit 1 Textfigur.) [Preis: 80 h — 80 pf]. . 819

— Über die elektrische Leitfähigkeit fester Silikate. (Mit 11 Textfiguren.) [Preis: 1 K 35 h — 1 M 35 pf] 845

— Über die Einwirkung von Radium- und ultravioletten Strahlen auf die Mineralfarben. (Mit 3 Textfiguren.) [Preis: 1 K 45 h — 1 M 45 pf] 1275

Fröschel P., Untersuchung über die heliotropische Präsentationszeit. (I. Mitteilung.) (Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.) [Preis: 80 h — 80 pf] . . . 235

Gaulhofer K., Die Perzeption der Lichtrichtung im Laubblatte mit Hilfe der Randtüpfel, Randspalten und der windschiefen Radialwände (Mit 6 Doppeltafeln.) [Preis: 2 K 85 h — 2 M 85 pf] 153

Grobben K., Beiträge zur Kenntnis des Baues und der systematischen Stellung der Arguliden. (Mit 3 Tafeln und 6 Textfiguren.) [Preis: 3 K — 3 M] 191

Guttenberg H., v., Über den Bau der Antennen bei einigen *Catasetum*-Arten. (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 1 K 45 h — 1 M 45 pf] 347

Haberlandt G., Über die Verbreitung der Lichtsinnesorgane der Laubblätter. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 70 h — 70 pf] 621

Seite

Hauptmann L. und **Heritsch F.**, Die eiszeitliche Vergletscherung der Bösensteingruppe in den Niederen Tauern. (Mit 1 Karte und 6 Textfiguren.) [Preis: 1 K 30 h — 1 M 30 pf] 405

Heinricher E., Ph. Van Tieghem's Anschauungen über den Bau der *Balanophora*-Knolle. [Preis: 35 h — 35 pf] 337

Himmelbaur W., Die Mikropylenverschlüsse der Gymnospermen mit besonderer Berücksichtigung desjenigen von *Larix decidua* Mill. (Mit 2 Tafeln und 2 Textfiguren.) [Preis: 1 K 60 h — 1 M 60 pf] 3

Höfer H., Das polynesische alteozäne Festland. [Preis: 30 h — 30 pf] . . 513

Höhnel F., v., Fragmente zur Mykologie (V. Mitteilung, Nr. 169 bis 181). (Mit 4 Tafeln und 3 Textfiguren.) [Preis: 2 K 40 h — 2 M 40 pf] . 985

— und **Litschauer V.**, Beiträge zur Kenntnis der Corticieen (III. Mitteilung). (Mit 10 Textfiguren.) [Preis: 1 K 50 h — 1 M 50 pf] . . . 1081

Hoernes R., Der Einbruch von Salzburg und die Ausdehnung des interglazialen Salzburger Sees. (Mit 1 Textfigur.) [Preis: 60 h — 60 pf] 1177

Keidel H., Über die Geologie einzelner Teile der argentinischen Anden. [Preis: 35 h — 35 pf] 1327

Kirchmayr H., Die extrafloralen Nektarien von Melampyrum vom physiologisch-anatomischen Standpunkt. (Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.) [Preis: 75 h — 75 pf] 439

Klaptocz B., Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda. XIII. Vogelcestoden. (Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.) [Preis: 1 K 75 h — 1 M 75 pf] 259

Knoll F., Über netzartige Protoplasmadifferenzierungen und Chloroplastenbewegung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 60 h — 60 pf] 1227

Kreutz St., Untersuchung der optischen Eigenschaften von Mineralien der Amphibolgruppe und ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung. (Mit 5 Textfiguren.) [Preis: 2 K 65 h — 2 M 65 pf] 875

Kubart B., Pflanzenversteinerungen enthaltende Knollen aus dem Ostrau-Karwiner Kohlenbecken. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 45 h — 45 pf] . . 573

Lucerna R., Glazialgeologische Untersuchung der Liptauer Alpen. (Mit 1 Karte und 14 Textfiguren.) [Preis: 3 K 30 h — 3 M 30 pf] . . . 713

Molisch H., Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode). (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 1 K 50 h — 1 M 50 pf] 87

Pesta O., Copepodentypen. (Betrachtungen über Körperbau und Lebensweise.) (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 70 h — 70 pf] 561

Pietschmann V., Japanische Plagiostomen. (Mit 2 Tafeln und 14 Textfiguren.) [Preis: 2 K 90 h — 2 M 90 pf] 637

Samec M., Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen. (II. Mitteilung). [Preis: 30 h — 30 pf] 521

Scholl E., Die Reindarstellung des Chitins aus *Boletus edulis*. [Preis: 50 h — 50 pf] 547

Seite

Schwaighofer K. F., Ist *Zahlbrucknera* als eigene Gattung beizubehalten oder wieder mit *Saxifraga* zu vereinigen? (Mit 4 Tafeln.) [Preis: 1 K 60 h — 1 M 60 pf] 25

Sigmund W., Über ein salicinspaltendes und ein arbutinspaltendes Enzym. [Preis: 40 h — 40 pf] 1213

Stappenbeck R., Geologische Beschreibung der Umgebung des Sees Musters in Patagonien. (Mit 1 Karte, 1 Tafel und 4 Textfiguren.) [Preis: 1 K 30 h — 1 M 30 pf] 1243

Strakosch S., Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan. (Mit 2 Textfiguren.) [Preis: 65 h — 65 pf] 1195

Strigl M., Der Thallus von *Balanophora*, anatomisch-physiologisch geschildert. (Mit 3 Tafeln und 9 Textfiguren.) [Preis: 2 K 25 h — 2 M 25 pf] 1127

Uhlig V., Zweiter Bericht über geotektonische Untersuchungen in den Radstädter Tauern. (Mit 2 Tafeln und 1 Übersichtskarte.) [Preis: 2 K 30 h — 2 M 30 pf] 1379

Vouk V., Laubfarbe und Chloroplastenbildung bei immergrünen Holzgewächsen. (Mit 6 Textfiguren.) [Preis: 1 K 20 h — 1 M 20 pf . . 1337

Wagner R., Untersuchungen über den Bau der »Dolden« von *Stephanotis floribunda* Brongn. (Mit 17 Textfiguren.) [Preis: 1 K 55 h — 1 M 55 pf] 53

Wiesner J., Bemerkungen über den Zusammenhang von Blattgestalt und Lichtgenuß. (Mit 1 Textfigur.) [Preis: 80 h — 80 pf] 1251

Zach F., Über den in den Wurzelknöllchen von *Elaeagnus angustifolia* und *Alnus glutinosa* lebenden Fadenpilz. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 80 h — 80 pf] 973

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. I. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Die Mikropylenverschlüsse der Gymnospermen mit besonderer Berücksichtigung desjenigen von Larix decidua Mill.

von

Wolfgang Himmelbaur.

Aus dem botanischen Institute der k. k. Wiener Universität.

(Mit 2 Tafeln und 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Jänner 1908.)

Historisches.

Mikropylenverschlüsse sind eine bei den Gymnospermen und insbesonders bei den Coniferen weitverbreitete Erscheinung. Das Zustandekommen dieser Einrichtung ist wohl durch die freie Lage des Nucellus bedingt und der biologische Nutzen eines solchen Verschlusses ist dann leicht erklärlich.

Schon bei fossilen Formen finden wir ganz unzweifelhafte Mikropylenverschlüsse. Lignier[1] beschreibt die Samenhülle von *Bennetites Morierei* und sagt p. 45: ».... le tube micropylaire du *B. Morierei* rapelle beaucoup celui du *Taxus baccata*. Le canal micropylaire, cylindrique dans sa partie inférieure (fig. 32) est, au sommet, réduit à une fente plus ou moins irrégulière (fig. 31). Sur une section transversale, l'épiderme, Ei, qui tapisse la fente micropylaire, est formée de cellules étroites et allongées radialement; certaines d'entre elles peuvent atteindre jusqu'à 64 μ de long sur 9 μ seulement de large.....«. Die Figuren 28 (in Wettstein's Handbuch

[1] Bei den Autoren siehe Literaturverzeichnis.

der system. Bot. aufgenommen), 31 und 32 erläutern das Gesagte.

Bei den Cordaitinen ist von M. B. Renault an einem Dünnschliff von *Cordaianthus Grand' Enryi* eine Samenanlage angetroffen worden, die von Solms-Laubach (1) und Kubart übereinstimmend erklärt wurde. Die in Wettstein's Handbuch wiedergegebene Abbildung weist ganz deutlich einen Verschluß der Mikropyle auf, den die beiden Erstgenannten durch das Längenwachstum der an die Mikropyle angrenzenden Zellen sich entstanden denken. Die schlauchartig verlängerten Zellen neigen sich der Nucellusspitze zu und der Verschluß ist vollendet. K. Schumann dagegen faßt diese Verschlußzellen als schon von Anfang an vorhanden auf und meint, die Pollenkörner seien durch das Einziehen des Bestäubungstropfens in die Pollenkammer geglitten. Dabei drückten sie diese Verschlußzellen auseinander. Jetzt, wo wir viele Gymnospermen mit nach der Bestäubung entstandenen Mikropylverschlüssen kennen, erscheint diese Auffassung wohl falsch.

Strasburger (2) macht auf p. 15 über *Gingko* folgende Bemerkung: »Nach der Bestäubung verdorren die beiden Lippen (des Integumentes), rollen sich häufig auch nach innen ein und durch Streckung der inneren Zellen des Mundes wird derselbe geschlossen.«

Über *Cephalotaxus* hat W. C. Worsdell gearbeitet und bringt in seiner Untersuchung auf Pl. XXXV in den Fig. 23 und 30 ganz deutliche Mikropylenverschlüsse zur Abbildung. Fig. 23 stellt einen radialen Schnitt durch eine »Blüte« dar, bei der man an den beiden Integumenten eine Anschwellung der Innenränder sieht. Fig. 30 ist eine Abbildung einer Samenanlage bald nach der Befruchtung und auch hier lassen die Konturen der Zeichnung den Verschluß der Mikropyle erkennen. Bei diesen beiden Abbildungen sind nämlich nur die Umrisse der Integumente und der Teile, die den Verfasser interessieren, gezeichnet.

Das gleiche gilt von der Zeichnung Coker's (2), die die bestäubte Samenanlage von *Cephalotaxus* im Winterzustand bringt (Fig. 1). Die Innenwände der Mikropyle sind geschwollen und — wenigstens auf einer Seite — vorgewölbt.

Strasburger (2) schreibt über *Cephalotaxus*: »Nach der Bestäubung schließt sich der Mund durch transversale Streckung und Vermehrung der Zellen« (p. 12).

Lawson (3) erwähnt: »The micropyle is a little longer than the sporangium, as shown in fig. 3, and remains open for some time after pollination.«

Fig. 1. *Cephalotaxus*.

Durch die Freundlichkeit von Dr. Porsch konnte ein Schnitt durch eine weibliche Blüte von *Cephalotaxus* untersucht werden. Die mittleren und unteren Zellen der innersten Zelllage des Integumentes sind in die Länge gewachsen und haben sich alle fast parallel in einem schwach S-förmigen Bogen gegen die Nucellusspitze gewendet und bilden so einen geschlossenen Raum über derselben. Einige dieser langgestreckten Zellen haben sich schon Querteilungen unterworfen (Fig. 1).

A. Robertson schreibt auf p. 142 ihrer Abhandlung über *Torreya* einige Worte über den Bestäubungstropfen. Dann bildet sie eine Zeichnung ab, auf der sie die oberste Spitze des Integumentes als cuticularisiert bezeichnet. Diese Umwandlung erscheint bemerkenswert.

Wieder war es möglich, durch Dr. Porsch Material aus Pisa zu erlangen, das den Verschluß der Mikropyle beendigt erscheinen läßt. Das Objekt war eben etwas alt. Die Entstehung des Verschlusses läßt sich daher nur erraten. Die beiden Integumenthälften sind als Ganzes keulenartig geschwollen. Diese Verbreiterung dürfte durch Streckung innerer hypodermaler Zellagen entstanden sein. Nachher gingen diese Querteilungen ein, so daß das ganze Gewebe parenchymatisch wurde. Eine Andeutung der longitudinalen Streckung findet sich noch in den tiefsten inneren subepidermalen Integumentzellen um den Nucellus. Eine Abbildung wird den Verschluß besser als alles Schildern zeigen (Fig. 2).

Was *Taxus* betrifft, so findet man bei Strasburger (2) auf p. 266 die kurze Angabe, daß sich nach der Bestäubung die vorher zierlich ausgebreitete Fruchtknotenmündung verdickt und den Kanal schließt. Ihre lippenartigen Ränder verdorren, neigen zusammen und legen sich aneinander. Ähnliches dürfte auch für alle anderen Taxaceen gelten.

Jäger bestätigt die Richtigkeit dieser Angaben, wenn er auch p. 245 Ausnahmen davon feststellen zu müssen glaubt. Auf p. 248 zitiert Jäger Strasburger (3) noch einmal in einer Stelle, wo es heißt (p. 111): »Die Embryosackmutterzellen treten erst scharf hervor, nach der Bestäubung, wenn das Integument fest am Scheitel zusammenschließt.«

Eine Stelle in W. C. Coker's (1) *Taxodium*-Untersuchung (p. 14) lautet: »At the time of pollination the tip of the integument is composed of about three layers of cells, but immediately after pollination the inner cells near the tip begin to grow in at certain points an approaching the center almost completely close the micropylar cavity.«

Die Fähigkeit gewisser Zellpartien des Integumentes, sich in kutinisierte oder verholzte Schichten umzuwandeln, erscheint von Wichtigkeit. So schreibt Jäger (l. c.) über *Taxus:* »Damit

dieser Mikropylengang nicht in sich selbst zusammenfällt — derselbe erreicht durch das Dickenwachstum des Integumentes eine ziemliche Länge — findet man immer zu beiden Seiten

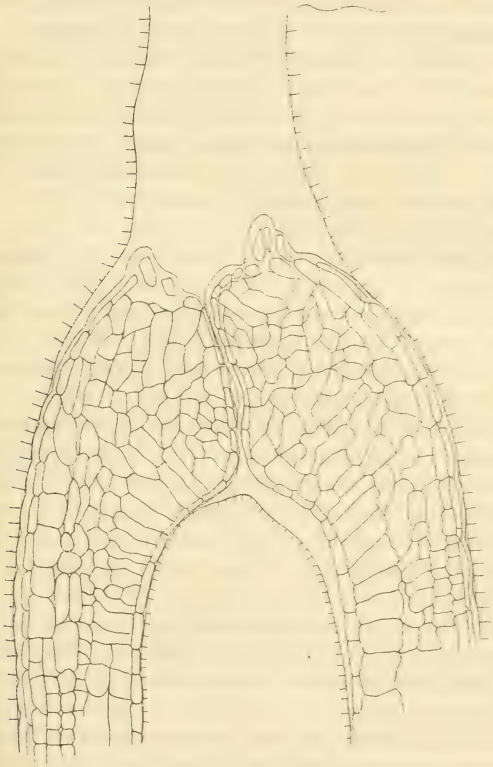


Fig. 2. *Torreya.*

der Mikropyle eine gelbe cuticularisierte Schicht (Taf. XV, Fig. 4).« Coker (1) (l. c.) sagt anschließend an die oben erwähnte Stelle in der *Taxodium*-Arbeit: »There soon begins to appear in the tip of the integument an irregular ring of lignified cells, with thick and pitted walls, which serves to strengthen this exposed end.« Jäger sowohl (Taf. XV, Fig. 4) wie Coker (1)

(Pl. III, Fig. 37, Pl. IV, Fig. 49) veröffentlichen Zeichnungen, die die von ihnen geschilderten Erscheinungen gut zeigen.

Cryptomeria hat auch einen Verschluß der Mikropyle aufzuweisen. Lawson (2) sagt: »The stager in development of the macrosporangium and the integument follow very closely those in Taxodium (Coker 1903) and Sequoia (Shaw 1896, Lawson 1904). There is one striking difference, however, and that is the advanced stage in the development of the integument before the differentation of the sporogenous cells in the nucellus. Fig. 9 shows the appearence of the nucellus and integument in section from material collected March 7. As a rule, however, the micropyle is much more open than that shown in the figure. Material collected before March 6 showed no trace whatever of sporogenous cells in the nucellus, although the integument extended considerably beyond the apex of nucellus, and in several cases the micropyle was found to be closed, shutting the pollen grains within. The closing of the micropyle is brought about in very much the same manner as in Sequoia. The subepidermal cells in the upper region of the integument which form the inner wall, become very much elongated in direction at right angles to the micropyle. The result is that as these cells elongate, the micropyle becomes smaller until the channel is finally closed completely.«

Lawson gibt in Fig. 9 seiner Arbeit ein sehr verständliches Bild dieses Verschlusses.

M. C. Ferguson hat einen Mikropylenverschluß bei *Pinus* konstatiert. Auf p. 46 ihres Werkes heißt es: »The free limb of the integument is seen in section to consist, at this time, of three layer of cells. As soon, as the pollen grains have found their way into the lower portion of the micropylar canal and some, at least, have come into contact with the tip of the nucellus, the cells constituting the middle layer of the arcus, at a point, slightly above the apex of the nucellus, elongate rapidly. The bulge or protuberance thus formed extends inwards from all sides and meets, closing the opening above the pollen grains (fig. 66 and 67). As soon, as the opening has been closed and the pollen grains secured, these elongated cells give rise by divisions to many smallers ones (fig. 68).«

Bei der Vortrefflichkeit und Genauigkeit der Arbeit erscheint der folgende Nachsatz etwas unvorsichtig: »This very pretty mechanism by which the final closing of the micropyle is effected has not been previously described for any Gymnosperm unless it be noted in Shaw's statement unaccompanied by figures, that the micropyle in Sequoia is closed by the radial elongation of the cells about it.« Zitiert die Verfasserin doch einige Arbeiten, in denen von Mikropylenverschlüssen direkt die Rede ist, und Shaw's Arbeit hat sehr deutliche Bilder eines Verschlusses aufzuweisen.

Was die chemischen Erscheinungen um die Mikropyle betrifft, heißt es auf p. 47: »Later a resinous substance is secreted, which securely seals the opening by which the pollen grains entered.«

Übrigens war Ferguson nicht die erste, die diesen Verschluß gesehen hat. Vergl. Strasburger (2), p. 268: »Der Ovarienmund war längere Zeit noch offen und erst später durch starke Verdickung des Randes geschlossen...«

Sequoia wird von Shaw untersucht und auch er entdeckt da einen Mikropylenverschluß, den er auf Pl. XXIV, 5, wiedergibt. Die im Text darauf bezugnehmende Stelle lautet: »Open flowers were collected for about a month during which time the integument grows out beyond the sporangium forming a vestibule into which a thick fluid substance is excreted. In this the pollen grains are caught and held....« Und weiter: »The micropyle then begins to close by radial elongation of the integument epidermal cells about it. In this way the pollen grains on the flat circular top of the sporangium become inclused in a subconical cavity, the micropyle. About the time, when the micropyle begins to close, the hypodermal tissue of two opposite sides of the integument begins to grow in a radial direction to form the wings of the seed. In some cases the thickening of the integument occurs on three or four sides, in the direction of least resistance, but only two wings are developed. About the middle of February, when the micropyle has closed, the hypodermal cells in that part of the integument which surrounds it, develop thick pitted walls, which appear to be lignified.«

Vor kurzem fand Kubart bei *Juniperus* einen Verschluß der Mikropyle, der sich in der Art seiner Entstehung an die übrigen anreiht. Auf p. 6 steht: »Die Wand des Integumentes besteht meist aus vier Zellschichten. Die zwei bis drei äußeren sind in die Länge gestreckt, die Zellen der innersten Zellschicht sind anfangs fast isodiametrisch, quadratisch im Flächenschnitte, nach der Bestäubung tritt jedoch ein schnelles Wachsen eines Teiles dieser Zellen ein und die Mikropyle wird durch diese Zellen verschlossen. Genau senkrecht auf die Richtung der drei anderen Zellschichten der Mikropyle wachsen diese Zellen der innersten Schichte — vergl. die Abbildung Taf. I, Fig. 4 — in die Länge, und sie übertreffen in ihrer endgültigen Gestalt die ursprünglichen Zellen um das Dreifache an Größe. Die Länge dieser »Verschlußzellen« beträgt 50 bis 55 μ. Diese Verschlußzellen schließen jedoch in der Mitte nicht fest aneinander, sondern es bleibt ein Kanal übrig, der zwischen die einzelnen Verschlußzellen viele Abzweigungskanäle entsendet.«

Bei keiner der bis jetzt beschriebenen Formen ist der Mikropylenverschluß hermetisch; immer bleiben ganze feine Spalten oder auch größere Zwischenräume frei. Ein vollständig hermetischer Verschluß ist ja auch nicht nötig.

Kubart bringt auch Längsschnitte durch die Mikropyle (Taf. I, Fig. 1, Taf. II, Fig. 1), auf denen der Verschluß sehr deutlich dargestellt ist.

Den Verschluß der Mikropyle bei *Juniperus* hat auch Norén gesehen. Er bringt das Wachstum der Verschlußzellen mit der Bestäubung in Zusammenhang. Der Verschluß soll eine Reizwirkung sein, die nur vom eigenen Pollen ausgeübt wird. Fremder Pollen, etwa von *Pinus* oder *Picea* bewirkt keine Reaktion des Integumentes. Derartige Abhängigkeitsbeziehungen wären nicht einzeln dastehend; es sei nur an gewisse Orchideen erinnert, wo sich der Embryosack erst nach der Bestäubung ausbildet (siehe Jost [p. 452] und Solms-Laubach [2]).

In zwei Arbeiten über *Gnetum* erwähnt Karsten (1, 2), daß sich infolge der Bestäubung die Mikropyle binnen einiger Zeit schließe. Bei *Gnetum edule* gehen aus den tiefstgelegenen

inneren Zellreihen des inneren Integumentes Sklerenchymzellen hervor, die, nach der Mitte zusammenrückend und miteinander verwachsend, den offenen Zugang versperren. Bei *Gnetum Gnemon* und *neglectum* ist das Verhalten ein ganz ähnliches, nur scheint die Verholzung des schließenden Gewebepfropfes zu unterbleiben.

Jüngst erschien von Pearson über *Welwitschia* eine Arbeit, in der auf Pl. 18, Fig. 18, eine Nucellusspitze mit den beiden Integumenthälften um sie abgebildet ist. Die innere Epidermis dieser Hälften besteht aus sehr großen Zellen, die, in die Länge gestreckt, sehr leicht die Mikropyle verschließen können. Strasburger (2) (p. 94) berührt das Mißverhältnis zwischen der Größe der Pollenkörner und der Weite des Mikropylenkanales und geht auf eine Stelle in Hooker's Arbeit über *Welwitschia* ein. Hooker glaubte nämlich, daß das Integument erst nach der Bestäubung voll auswachse. Er gelangte zu dieser Ansicht dadurch, daß er sich nicht erklären konnte, wieso 40 und mehr Pollenkörner, die er auf der Nucellusspitze antraf, durch den engen Mikropylenkanal hereinkämen. Seine Vermutung wurde aber von Strasburger (2) (p. 93 und 271) und Delpino (2) (p. 29 bis 30) auf Grund tatsächlicher Beobachtungen als falsch zurückgewiesen. Pearson schließt sich diesen Beobachtungen an (l. c., p. 273). Von einem Verschluß ist in den Arbeiten nicht die Rede, aber höchstwahrscheinlich ist auch hier ein solcher eingetreten.

Über *Ephedra* ist zu bemerken, daß Strasburger (2) (p. 95) auch eine Erwähnung über die großen Pollenkörner und den engen Mikropylenkanal macht (vergl. auch p. 271).

Luerssen erwähnt in seinem Handbuch die einzelnen Verschlüsse, so wie sie Strasburger gesehen. Der Teil über die Befruchtung der Gymnospermen ist ja ganz auf Strasburger's Arbeiten gegründet.

Der Mikropylenverschluß bei Larix.

Diese Arbeiten über Mikropylenverschlüsse waren mir bis jetzt zugänglich. Infolge der Häufigkeit derartiger Einrichtungen ist man wohl berechtigt, Mikropylenverschlüsse als eine allgemeine Erscheinung bei den Gymnospermen anzusehen.

Bei all den besprochenen Verschlüssen fallen zwei Dinge auf. Einerseits findet man das Wachstum von Zellagen des Integumentes in einer bevorzugten Richtung, wodurch die Mikropyle verschlossen oder zumindest verengt wird, andrerseits sieht man an der Integumentspitze Umwandlungsprodukte auftreten, die bald als holzig, bald als kutinisiert bezeichnet werden können. Der Zweck dieser Einrichtungen ist es, zum Teil die empfindliche Integumentspitze zu schützen, zum Teil die Pollenkörner durch Verstopfen der Mikropyle und chemische Begleiterscheinungen (Harzausscheidung, Bestäubungstropfen) festzuhalten. Eben diese zwei bezeichnenden Vorgänge werden uns auch bei *Larix* entgegentreten.

Schon Strasburger (1) hatte den Mikropylenverschluß gesehen. Er sagt p. 254: »Die Hälften des Integumentes wachsen nicht zu je zwei langen rechts und links gestellten Fortsätzen aus, wie sie uns bei *Pinus*-Arten, wo die Zuleitung der Pollenkörner von oben erfolgt, so vorteilhaft erschienen, sondern zu einem einseitig nach oben und innen orientierten, helmartig umgebogenen breiten Lappen, in den die an der Seite der Schuppe herabgleitenden Pollenkörner mit zwingender Notwendigkeit hineinfallen müssen. Die Pollenkörner werden in das Innere der Samenknospe aufgenommen, der einseitige Fortsatz verdorrt sehr bald, rollt sich nach innen zusammen und hilft so mit, die Mikropyle zu verschließen.«

Noch eine Arbeit über *Larix* gibt es, die fast ganz verschollen ist und in keiner der größeren Gymnospermenarbeiten zitiert wird. Geleznoff veröffentlichte vor 58 Jahren in den Ann. d. sc. nat. une Mémoire sur l'Embryogénie du Mélèze. Er schildert darin die Geschichte des männlichen und dann des weiblichen Gametophyten und kommt dabei auch auf das charakteristische Umbiegen ganzer Zellen und den so bewirkten Verschluß der Mikropyle zu sprechen. Die Arbeit bringt gute Einzelbeobachtungen, deren Deutung dem damaligen Wissen gemäß allerdings viel Unrichtigkeiten enthält. Sie ist von vortrefflichen Stichen begleitet und zeigt in den Fig. 13, 14, 15, 16, Pl. XIII, sehr schön das papillöse Wachsen der Epidermiszellen auf der Integumentspitze, einzelne Papillen stark vergrößert, Pollenkörner in den Integumentzipfeln

und endlich eingerollte Integumentzipfel und dadurch in die Mikropyle hineintransportierte Pollenkörner. In den darauf bezüglichen Textstellen wird der Verschluß und seine Entstehung geschildert, soweit es die Beobachtung an Handschnitten zuläßt. Von einer Umwandlung der obersten Integumentzellen in Kutin spricht Geleznoff nicht, obwohl er die Destruktion des Integumentrandes gesehen und die Bedeutung derselben geahnt hat (p. 199).

Eigene Untersuchungen.

Der Prozeß bei *Larix* war also der Hauptsache nach gegeben. Die Einzelheiten aber ließen allerlei Merkwürdigkeiten ersehen, um derenwillen es anregend war, die Entstehung des Verschlusses genauer zu verfolgen. Ein Gesamtbild des Verschlusses zeigt die Mikrophotographie (Taf. I, Fig. 1) eines Handschnittes. Handschnitte lassen gerade bei dieser Untersuchung den Mechanismus des Verschlusses viel plastischer hervortreten.

Methode.

Die mit den Zweigen gesammelten weiblichen Blüten wurden im Glase reifen gelassen, bestäubt und nach je 4, 6, 8 Tagen u. s. w. abgebrochen und fixiert. Länger als 10 bis 12 Tage hielt sich das Material nicht und die späteren Stadien mußten wieder im Freien gesammelt werden. Auf die Art kamen Stadien von 4, 6, 8 Tagen und zirka 2, 3, 4 bis 6 Wochen nach der Bestäubung zustande. Als Fixierungsflüssigkeit diente die sogenannte Flemming'sche Lösung (165 *g* Chromsäure 1%, 25 *g* Osmiumsäure 1%, 25 *g* Eisessig), die Juel'sche Lösung (2 *g* Zinkchlorid, 2 cm^3 Eisessigsäure, 100 cm^3 50% Alkohol), die Guignard'sche Flüssigkeit ($^1/_2$ *g* Eisenchlorid, 2 cm^3 Eisessigsäure, 100 cm^3 Wasser), das Pfeiffergemenge (gleiche Teile von 40% Formaldehyd, rektifiziertem Holzessig und Methylalkohol) und endlich absoluter Alkohol. Von diesen fünf Mitteln erwies sich die Chromosmiumessigsäure-Fixierung am allerbesten; in nächster Linie kommt dann das Pfeiffer'sche Gemenge in Betracht, was für derlei Untersuchungen von

großer Bedeutung ist, da die Objekte beliebig lange Zeit darin bleiben können.

Eine vorläufige Untersuchung der Samenanlagen geschah in Handschnitten, die eigentliche Untersuchung erfolgte an Mikrotomschnittserien von 10 μ Dicke. Diese wurden zum größten Teil mit Hämatoxylin gefärbt; für die Untersuchung einer später zu beschreibenden Erscheinung aber, nämlich des Auftretens und der Vermehrung einer klebrigen Masse an dem obersten Mikropylenende, zeigte sich die Safranin-Gentianaviolettfärbung als viel geeigneter, da sie die in der Masse zum Teil noch vorhandenen Erstbestandteile viel deutlicher hervortreten läßt als die Hämatoxylinfärbung.

Ergebnisse.

Die zwei Samenanlagen bei *Larix* stehen fast in einem rechten Winkel voneinander abgewendet. Sie sind schon in ihren Jugendstadien als kleine weiße Erhöhungen auf der Innenseite der Fruchtschuppe zu sehen. Ein Querschnitt zeigt den üblichen Bau der Coniferensamenanlage, eine tiefe Insertion des Nucellus und das Integument, von dem die der Achse der Infloreszenz nähere Hälfte viel größer als die andere ist und sich in manchen Fällen wirklich wie ein Helm über die Mikropyle neigt. Man kann sich den Bau dieser Mikropyle annähernd vorstellen, wenn man an die Blüten mancher Labiaten denkt. Strasburger (3) bringt Abbildungen, die diese Zustände gut verdeutlichen (Taf. X, Fig. 28, Taf. XI, Fig. 29 und 32).

Das Integument ist von einer Außenhaut umgeben, sein oberer Teil von auffallend großen Zellen erfüllt, die allmählich in dichteres Gewebe übergehen. Ein Integument in so jungem Stadium nun, in dem es noch vollkommen intakt ist und den im folgenden beschriebenen Desorganisationserscheinungen noch nicht unterliegt, stand nicht zur Verfügung,[1] aber die

[1] Geleznoff hat ein ganz junges Stadium untersucht. Die obersten Epidermiszellen des Integumentes sind da papillös vorgewölbt, mit einer glashellen Flüssigkeit erfüllt und sehr klein (Taf. II, Fig. 1). Später werden sie größer, verlieren ihre Flüssigkeit und erscheinen als dünner kutinisierter Belag am oberen Integumentteil. Hier setzen meine Untersuchungen ein (Taf. I, Fig. 2). Die Kutinisierung schreitet tiefer in die Mikropyle hinein.

gesammelten Objekte waren doch eben jung genug, um deutlich zu zeigen, wie die äußeren Membranen der den Mikropylengang auskleidenden Zellen der Epidermis im oberen Teile der Mikropyle verquellen, d. h. an Dicke zunehmen, und eine gleichmäßige, hie und da wellig gestreifte Masse liefern (Taf. II, Fig. 2 und 3).

Im Laufe dieser Umwandlung — das Umwandlungsprodukt ist eine kutinisierte Masse — werden nicht nur die äußeren Zellwände ergriffen, sondern der Prozeß schreitet auch nach innen fort und ergreift zunächst die Querwände, dann die der zuerst angegriffenen Schicht mehr minder parallelen Wände, dann auch anschließend innere, tiefer gelegene Zellen. Durch das Zusammenlegen und Aneinanderpressen dieser Elemente, wobei das Zellumen natürlich schwindet, entsteht eine im Naturzustand gelbe Masse, die schon makroskopisch als gelbliches Pünktchen an der Mikropyle erscheint (Taf. II, Fig. 4).

Je vorgeschrittener die Kutinisierung ist, je mehr Masse entsteht, desto komplizierter werden die Bilder, die sich darbieten. Man sieht — zumal an Freihandschnitten — die schon ausgebildete gelbe Masse, die sich den Umrissen des vorgewölbten Integumentes anschmiegt, aus dessen Elementen sie entstanden ist. Hie und da birgt sie noch in sich Reste der ehemaligen Zellwände, die, noch nicht umgewandelt, durch ihre andere Färbung — namentlich beim Safranin-Gentiana-violettverfahren — hervorleuchten.

Die Kutinisierung geht nur so weit, daß immer noch für Pollenkörner, die aufgenommen werden sollen, ein Raum übrig bleibt. Bei einem Objekt jedoch (Taf. II, Fig. 5) ist aus unbekannten Ursachen eine derartige Vermehrung der Masse eingetreten, daß die Endprodukte den ganzen Mikropylengang auskleiden und bis zur Nucellusspitze vordringen.

Wie nach und nach andere Schichten ergriffen werden, ohne daß das Zellumen schon schwindet, sieht man in vielen Fällen sehr gut (Taf. II, Fig. 6). An diesem Schnitt zeigt sich auch die andere bei allen Mikropylenverschlüssen auftretende Erscheinung, nämlich das Wachstum von Zellagen. Bei *Larix* sind es aber im Gegensatze zu allen bis jetzt besprochenen Verschlüssen die inneren intakten, auffallend großen Zellen

des Integumentes, die parallel der Mikropyle schlauchartig auswachsen. Dadurch wird der Mikropylenhals gestreckt und erscheint an älteren Objekten oft sehr lang. Am stärksten strecken sich die gegen außen liegenden Zellen. Die Lage des Zellkernes bei diesen Zellen ist verschieden.[1]

Die Funktion des Kutin wird klar, wenn man die Bestäubung verfolgt. Die bei *Larix* runden Pollenkörner kommen — wie Delpino (1) will — zu beiden Seiten des Kieles der Deckschuppe herabgeglitten und bleiben mit ihrer Exine an der Masse haften (Taf. II, Fig. 7). Dort, wo sie aufliegen, verquellen sie. Diese Befestigung ist so stark, daß, wenn durch irgend welche Umstände ein Pollenkorn platzt und sein Inhalt austritt, die Exine haften bleibt (Taf. II, Fig. 8). Am besten ließen sich diese Verhältnisse beobachten, wenn künstliche Bestäubung eingeleitet wurde.

Nach der beschriebenen Zellumwandlung und dem dadurch ermöglichten Festhalten der Pollenkörner tritt eine neue Phase auf. Die Spitzen der schlauchartig verlängerten Zellen des Hypoderma und der Epidermis biegen sich scharf um (Taf. II, Fig. 9). Querschnitte der Samenanlage, die in die Mikropyle hineinsehen lassen, zeigen, daß anfänglich nur die größere Integumenthälfte sich umbiegt (Taf. II, Fig. 10), später freilich kommt dann auch die kleinere an die Reihe und die beiden Seiten folgen (Taf. II, Fig. 11 und 13).

Dies Umbiegen bewirkt nun, daß die Kutinmasse und die an ihr klebenden Pollenkörner in die Mikropyle »hineintransportiert« werden (Taf. II, Fig. 12). Das Umbiegen schreitet immer weiter fort und in kurzer Zeit ist der ganze obere Teil des Integumentes in die Mikropyle hineingestülpt und die vorher die Außenseite umkleidenden Zellen berühren einander (Taf. I, Fig. 3 und 4). Daß sich zum Schlusse alle Teile, auch die Flanken, um- und hineingebogen haben, läßt ein Präparat erkennen (Taf. II, Fig. 13), bei dem sogar ein sehr seitlicher Anschnitt die schlauchförmigen Zellen zeigt, die, fortgesetzt

[1] Diese Tatsache könnte vielleicht zeigen, daß hier kein Wachstum von Zellen, sondern bloß ein Flüssigkeitsverlust eintritt. Bei beiden Annahmen werden große rundliche Zellen, die lebend im Verbande bleiben, langgestreckt.

und aus der Schnittebene hervortretend, man sich plastisch gegen den Beschauer gerichtet vorzustellen hat. Freilich, hermetisch ist die Pollenkammer nicht abgeschlossen; man sieht, wie die eingebogenen Zellzüge manchmal einen zellbreiten Gang zwischen sich lassen, aber der ist so eng, daß kein Pollenkorn heraus und keines mehr hinein kann.

So ist bei *Larix* ein Verschluß der Mikropyle entstanden, der abweichend von den bis jetzt geschilderten durch Desorganisation der obersten äußeren Integumentzellen und durch schlauchartiges Verlängern der obersten inneren Zellen (Hypoderma und Epidermis) sowie durch darauffolgendes Umbiegen letzterer zustande kommt. Nach außen liegen dann völlig unberührte Zellen, denn die umgewandelten Zellen sind alle einwärts gebogen (Taf. I, Fig. 1, 3 und 4, Taf. II, Fig. 13). Der Innenraum zwischen Nucellus, Mikropylenkanal und Kutinmasse nimmt oft eine flaschenhalsförmige Gestalt an, wie z. B. Stadien von 6 Wochen zeigen. Bei der Samenreife verholzt das Integument und nur ein schmaler, sehr dünner Kanal an Stelle der ehemaligen Mikropyle schwächt die Hülle und ermöglicht der Wurzel das Durchbrechen des Integumentes. Von dem charakteristisch umgebogenen Verschlusse sind bloß Reste außerhalb dieses sklerenchymatischen Gewebes zu sehen.

Die Masse erwies sich als kutinisiert.[1] Handschnitte sowie Mikrotomschnitte wurden den üblichen Reaktionen unterworfen, wie sie Zimmermann und Strasburger (4) angeben.

Die Gummireaktionen verliefen negativ, die Reaktionen auf Kallose-, Zellulose- und Pektoseschleime ebenfalls. Aus reiner Zellulose bestand die Masse auch nicht. Dagegen ergaben die Kutinreaktionen folgende Resultate:

Alkannatinktur	rotgelb
Sudan III	rot
verd. KOH und Chlorzinkjod	violett
Anilinsulfat	gelb bis hellgelb
KOH, konzentriert	schwefelgelb

[1] Die Bezeichnung Kutin ist selbstverständlich als Sammelbegriff aufzufassen.

Safranin ..... rot
Chlorzinkjod ..... gelblich
Jod + H_2SO_4 ..... gelb, sehr stark
Gegen Chromsäure ..... sehr widerstandsfähig
In Alkohol ..... unlöslich
H_2SO_4 ..... gelb [1]
Gegen trockene Hitze ..... widerstandsfähig
Kochen in Glyzerin ..... wirkungslos

Kochen in KOH, das Kutin zu gelben Tröpfchen gerinnen machen sollte, war wegen der Kleinheit der Masse nicht besonders günstig für das Erkennen ihres Wesens. Daß mit Kongorot eine rote und mit Methylenblau eine blaue Färbung erzielt wurde, ist wohl nichtssagend, da diese Stoffe fast alles färben.

Eine Reaktion wäre noch zu erwähnen, nämlich die mit Phlorogluzin und Salzsäure. Diese bewirkt für ganz kurze Zeit (10 bis 30 Sekunden) eine deutliche Violettfärbung, die dann spurlos verschwindet. Nun erwähnt Strasburger (4) auf p. 280 und 281, daß Gummimassen auf Zweigquerschnitten, die Gummosis zeigen, die gleiche, aber bleibende Reaktion geben. Es tritt diese Färbung nur in der Nähe der sich desorganisierenden Zellen auf, und zwar insoweit nur, als jene Zellen verholzt waren. Diese Färbung mag auf dem Vorhandensein gewisser Holzsubstanzen beruhen.

Auch hier bei *Larix* haben wir Desorganisationserscheinungen. Deren Endprodukt — die gelbe Masse — und ebenso die noch in Umwandlung begriffenen Zellmembranen in nächster Nähe zeigen genau die gleiche Reaktion. Es ist der Schluß erlaubt, daß auch hier neben dem Umwandlungsprodukt, dem Kutin, Holzsubstanzen vorkommen. Phlorogluzin allein kommt bei Coniferen häufig vor (siehe die Arbeiten von Waage, Weinzierl, Wiesner).

[1] Im Naturzustand ist die Masse gelb. Nach den betreffenden Reaktionen tritt aber immer eine so deutliche Änderung der Farbenqualität ein, daß beim Vergleichen mit der nicht behandelten Masse die Bezeichnungen hellgelb, schwefelgelb etc. am Platze sind.

Um aber die Schwierigkeiten zu kennzeichnen, die uns bei der Beurteilung der Phlorogluzin-HCl-Reaktion entgegentreten, sei bloß erwähnt (Czapek), daß Wiesner und Singer (diese Sitzungsberichte, Bd. LXXXV [1], Maiheft, 1882) Vanillin und Koniferin in verholzten Zellmembranen annahmen und die Phlorogluzinreaktion als Vanillinreaktion ansahen; Czapek dagegen (Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. XXVII, p. 141 [1899]) findet die Phlorogluzin-HCl-Reaktion im Hadromal wieder (Ggschrft. Grafes, diese Sitzungsberichte, Bd. CXIII, Abt. I, Mai 1904). Lindt (Zeitschr. wiss. Mikrosk., Bd. II, p. 495 [1885]) gibt an, daß auch Derivate von Phlorogluzin mit Vanillin und HCl Rotfärbung geben. Verholzte Membranen können schon durch HCl allein rotgefärbt werden (Mulder, Physiol. Chemie [1884], p. 449, 472, 477, 493; Hartig, Bot. Ztg. [1855], p. 222; Boehm, diese Sitzungsberichte, 1862, Bd. II, p. 399), wenn sie Stoffe enthalten, die leicht Phlorogluzin abspalten u. s. w. Für genauere Angaben sei auf Czapek unter Coniferin, Hadromal, Lignin, Phlorogluzin, Vanillin etc. verwiesen.

Der geschilderte Vorgang, nämlich das Verkutinisieren der Zellen um die Mikropyle und die fortschreitende Kutinisierung der nächsten Zellen, sowie das darauffolgende Einkrümmen des oberen Randes des Integumentes mit der Kutinmasse in die Mikropyle hinein findet in einem Zeitraume von 2 bis 3 Wochen nach dem Stäuben statt. Hiebei ist es gleichgültig, ob eine Bestäubung erfolgt ist oder nicht. Beweis dafür ist ein Objekt, das, völlig unbestäubt gelassen, ein Auftreten der Kutinmasse zeigt, sowie mehrere zufällig unbestäubte Objekte von 1907, die vollkommen den Verschluß zeigen.

Ein im Wiener botanischen Garten stehender Baum von *Larix sibirica*, der 1907 zwei ♀ Infloreszenzen trug, von denen eine in einem ziemlich vorgerückten Stadium untersucht wurde, zeigte einen Zustand des Verschlusses, der auf den gleichen Prozeß wie bei *Larix decidua* schließen läßt.

Die klebrige Masse mag wohl den Bestäubungstropfen der Gymnospermen zum Teil ersetzen, ein solcher wurde nicht beobachtet. Bloß die allerjüngsten Epidermiszellen des Integumentes sind mit einer klaren Flüssigkeit erfüllt (Geleznoff), wie es für *Pinus* nach Strasburger (2) (p. 267) charakteristisch

ist. Unter normalen Umständen blüht *Larix* in unseren Gegenden Mitte März, so daß anfangs April der Verschluß eingetreten und alles zur Befruchtung reif ist. Geleznoff verfolgte die Entwicklung des Embryosackes ziemlich genau. Die Pollenkörner treiben sehr lange Schläuche (Taf. 14, Fig. 12). Die Befruchtung erfolgt in unseren Gegenden um die Mitte Juni. Die Deckschicht der auffällig großen Eizelle hat Geleznoff auch gesehen (Taf. XIV, Fig. 7). Den Tüpfel am Pollenschlauchende sowie den Übertritt der Spermakerne zeigt Taf. XV, Fig. 1 und 2.

Zusammenfassung.

Auch *Larix* weist einen Mikropylenverschluß auf. Die Epidermiszellen des Integumentrandes und die darunter liegenden Zellen an dem ins Freie führenden Ende des Mikropylenkanales werden fortschreitend desorganisiert, und zwar kutinisiert. Die Außenwand des Integumentes (Hypoderma und Epidermis) verlängert sich dabei durch schlauchartiges Wachstum ihrer Zellen und biegt sich zuletzt deutlich um — in die Mikropyle hinein. Dadurch werden die Kutinmasse und die etwa an ihr haftenden Pollenkörner in das Innere der Samenanlage hineintransportiert.

Die biologische Bedeutung dieses Vorganges ist klar: Durch das Auftreten von Kutin an der empfangenden Integumentspitze wird eine klebrige Substanz geschaffen, die die Pollenkörner festhält. Das Umbiegen der Integumentspitze in den Mikropylenkanal bewirkt zweierlei: Erstens werden die Pollenkörner, die meist regellos, oft ganz unnütz auf der ziemlich breiten »Narbe« kleben, dem Nucellus genähert und können so auf ökonomische Weise Pollenschläuche treiben, zweitens wird die Mikropyle verschlossen, wobei auch das wasserundurchlässige Kutin mithilft. Die Einrichtung des Verschlusses aber gewährt den Pollenkörnern Schutz während der langen Zeit zwischen Bestäubung und Befruchtung, — die ein Rest der Selbständigkeit der sexuellen Generation ist.

Alle diese drei Vorgänge: Kutinbildung, Umbiegen, Verschließen, erhöhen die Befruchtungsmöglichkeit.

Zum Schlusse sei allen denen, die mich bei der Ausführung dieser Arbeit mit Rat und Tat unterstützten, und vor allem meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor v. Wettstein, aufs wärmste gedankt.

Literaturnachweis.

Coker, W. C.: 1. On the gametophytes and embryo of Taxodium (Bot. Gaz., XXXVI, 1903).

— 2. Fertilization and Embryogeny in Cephalotaxus Fortunei (Bot. Gaz., XLIII, 1907).

Czapek, Fr.: Biochemie der Pflanzen (Jena, 1905).

Delpino, F.: 1. Altri apparecchi dicogamici recentamente osservati (Referat Bot. Ztg., 1871, Sp. 126).

— 2. Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale.

Ferguson, M. C.: Contributions to the knowledge of the life history of Pinus, with special reference to sporogenesis, the development of the Gametophytes and fertilization (Proceedings of the Washington Academy of Sciences, VI, 1904).

Geleznoff, M.: Mémoire sur l'Embryogénie du Mélèze (Ann. d. sc. Nat. Bot., 14 [1850]).

Hooker, J. D.: 1. On Welwitschia, a new Genus of Gnetaceae (Trans. of the Linn. Soc., London, XXIV, 1863) (deutsch. Ref. von Eichler in Flora, XXI, 1863).

Jäger: Beiträge zur Kenntnis der Endospermbildung und zur Embryologie von *Taxus baccata* (Flora 1899, Bd. 86).

Jost L.: Vorles. über Pflanzenphysiologie. Jena, 1904.

Karsten, G.: 1. Beitrag zur Entwicklungsgeschichte einiger *Gnetum*-Arten (Bot. Ztg., 1892, Nr. 14).

— 2. Zur Entwicklungsgeschichte der Gattung *Gnemon* (Cohn: Beitr. z. Biol. d. Pflz., VI, 1893).

Kirchner-Loew-Schröter: Lebensgeschichte der Blütenpfl. Mitteleuropas (I. Bd., Stuttgart, 1906).

Kubart, B.: Die weibliche Blüte von *Juniperus communis* L. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. CIX, Juni 1905).

Lawson: 1. The Gametophytes, Archegonia, Fertilization and Embryo of Sequoia sempervirens(Ann. of bot., XVIII, 1904).

— 2. The Gametophytes, Fertilization and Embryo of Cryptomeria Japonica (Ann. of bot., XVIII, 1904).

— 3. The Gametophytes, Fertilization and Embryo of Cephalotaxus drupacea (Ann. of bot., XXI, 1907).

Lignier: Végétaux fossiles de Normandie. Structure et affinités du Bennettites Morierei Sap. et Mor. (Mém. d. Soc. Linn., Norm. 1894—1895).

Luerssen: Handbuch der system. Bot. (II. Bd., Leipzig, 1882).

Norén, C. O.: Zur Entwicklungsgeschichte des *Juniperus communis* (Upsala, Univ. Årskkrift, 1907).

Pearson: Some observations on Welwitschia mirabilis Hooker f. (Phil. Trans. R. Soc. London, Vol. 198).

Renault, M. B.: Structure comparée de quelques tiges de la Flore carbonifère (Nouv. Arch. du Mus., Sér. II, vol. 2, 1879).

Robertson, A.: Studies in the morphology of Torreya californica (New Phytologist, 3).

Schumann, K.: Über die weibliche Blüte der Coniferen (Abhdlg. d. bot. Ver. Prov. Brandenb., 1902).

Shaw: Contributions to the life history of Sequoia sempervirens (Bot. Gaz., XXI, 1896).

Solms-Laubach: 1. Einleitg. in die Paläophytologie (Leipzig, 1887).

— 2. Bot. Ztg. (58 [1900], II. Abt., p. 376).

Strasburger: 1. Die Bestäubung der Gymnospermen (Jen. Zeitschr. für Naturw., Bd. VI, 1871).

— 2. Coniferen und Gnetaceen. Jena, 1872.

— 3. Angiospermen und Gymnospermen. Jena, 1879.

— 4. Das bot. Praktikum (IV. Aufl., Jena, 1902).

Waage, Th.: Über das Vorkommen und die Rolle des Phlorogluzin in der Pflanze (Ber. Deutsch. bot. Ges., VIII, 1890).

Weinzierl, Th. v.: Über die Verbreitung des Phlorogluzins im Pflanzenreiche (Öst. bot. Zeitschr., XXVI, 1876).

Wettstein, R. v.: Handbuch der system. Bot. (II. Bd., I. Teil, Leipzig-Wien, 1903).

Wiesner, J.: Über das Verhalten des Phlorogluzins und einiger verwandter Körper zu verholzten Zellmembranen. (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., Bd. LXXVII [1], p. 60 [1878].

Worsdell, W. C.: The morphology of the »flowers« of Cephalotaxus (Ann. of Bot., XV, 1901).

Zimmermann: Die bot. Mikrotechnik. Tübingen, 1892.

Figurenerklärung.

Taf. I (Mikrophotographien).

Fig. 1. *Larix decidua.* Gesamtbild eines Handschnittes durch eine Samenanlage. Zeigt den Nucellus mit Resten des Prothalliums und die eingekrümmte Integumentspitze. 4 Pollenkörner, die an der Kutinmasse (schwarzer Fleck) kleben, sind in die Mikropyle hineintransportiert (zirka × 30).

Fig. 2. Jüngstes Stadium. Die papillösen Epidermiszellen der keulenförmigen linken Integumenthälfte sind schon desorganisiert und bilden einen dünnen Kutinbelag. Nicht median (zirka × 30).

Fig. 3. Ein ähnliches Bild eines Handschnittes wie bei 1.

Fig. 4. Detto. Die Kutinmasse ist bei beiden Figuren als schwarzer Fleck zu sehen. Bei Fig. 4 links ein Pollenkorn (beide zirka × 30).

Taf. II.

Fig. 1 (nach Geleznoff, Pl. XIII, Fig. 14). Einige papillöse Zellen, die in den jüngsten Stadien die Oberfläche des Integumentrandes bedecken (der Zellkern an der Spitze der Zelle! Diese Zellen fallen später als erste der Kutinisierung anheim. Siehe Taf. 1, Fig. 2). Vergr. nicht angegeben.

Fig. 2. Junges Stadium des Integumentes. Nicht median geschnitten. Bei *m* ein Ausschnitt des Mikropylenkanales. In der Fortsetzung nach außen Beginn der Umwandlung der äußeren Zellmembranen bei *u*. Weiter hinaus eine schon umgewandelte, kutinisierte Zellmembran (*c*), im äußersten Teile zerknittert. *c* stand wahrscheinlich mit den rechts befindlichen Teilen (*e*) im Zusammenhang. Bei *f* sind auch schon innere Zellen ergriffen (zirka × 250).[1]

[1] Die Vergrößerungsangaben geben durchwegs die Vergrößerung an, bei der die Zeichnung hergestellt wurde; bei der lithographischen Reproduktion wurden die Zeichnungen auf die Hälfte verkleinert.

Fig. 3. Der untere Teil der vorigen Zeichnung vergrößert. Buchstaben wie bei 2. In der Kutinmasse noch hie und da Reste der ehemaligen Zellwand (× 440).

Fig. 4. Das Integument in der gleichen Partie gesehen wie bei 3. Vorgeschrittenes Stadium der Kutinisierung. Bei *m* die Mikropyle, median. Bei *c* kutinisierte Zellmembranen, die sich aneinanderzulegen beginnen. Man erkennt noch in der rechten Hälfte die noch nicht kollabierten Zellen. Links ein kompliziertes Gemenge von kutinisierten Zellmembranen und noch nicht ganz umgewandelten Resten. Alles schon sehr zusammengedrückt. Die äußeren Epidermiszellen auffallend gestreckt (× 440).

Fig. 5. Ungewöhnliche Vermehrung des Kutins, das den Nucellus (*u*) erreicht (× 250).

Fig. 6. Schlauchförmiges Wachstum der Zellen des helmförmig gewölbten Integumentes bei *s*, Nucellus *u*. Die kleinere Integumenthälfte zeigt, wenn auch nur in geringer Andeutung, ein Verlängern ihrer Zellen. In beiden Fällen bloß Epidermis und Hypoderma gestreckt (zirka × 250).

Fig. 7. 2 Pollenkörner in der Kutinmasse klebend. Exine verquollen. Jedes Korn mit 3 Kernen (× 440).

Fig. 8. 2 Exinen, die in der Kutinmasse kleben geblieben sind (*e*). Eine ganz ohne Inhalt, die andere noch mit Inhalt versehen. Rechts 3 Reste vom Pollenkörnerinhalt anderer Exinen (zirka × 250).

Fig. 9. α) Eine schematische Übersicht einer Samenanlage. *u* Nuzellus, *J* Integument. Der unter der Linie (*l . . . l*) gelegene schraffierte Teil ist in β) vergrößert dargestellt.

β) Die größere Integumenthälfte in ihrem unteren Teile. Die Epidermiszellen und das Hypoderma haben sich scharf gegen das Innere der Mikropyle gebogen (*g*) und transportieren so im Laufe der Umbiegung die Kutinmasse gegen den Nucellus (× 440).

Fig. 10. Querschnitt durch die Mikropyle; vorläufig sind bloß die äußeren Zellen des helmartigen Integumentlappens verlängert (*a*). Die der Rhachis nähere Integumenthälfte besteht noch aus kleinen parenchymatischen Zellen (*p*) (× 300).

Fig. 11. Die kleinere Integumenthälfte (*i*) beginnt sich einzukrümmen. Nichtmedian (zirka × 250).

Fig. 12. In die Mikropyle »hineintransportierte« Pollenkörner (*p*) (zirka × 250).

Fig. 13. Seitlicher Anschnitt durch einen Integumenthals nach Beendigung des Verschlusses. Die beiden Integumentflanken (*f*) sind auch umgebogen. Der Unterschied zwischen der größeren und kleineren Integumenthälfte (*i*) ist durch die Einstülpung ausgeglichen (zirka × 250).

Die Zeichnungen sind mit J. Kettners Zeichenapparat hergestellt; die Aufnahme der Mikrophotographien geschah in der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt Wien.

Fig. 3

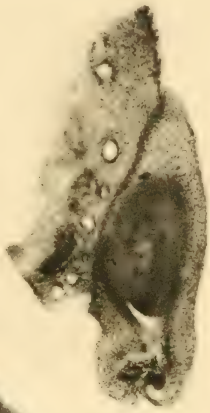
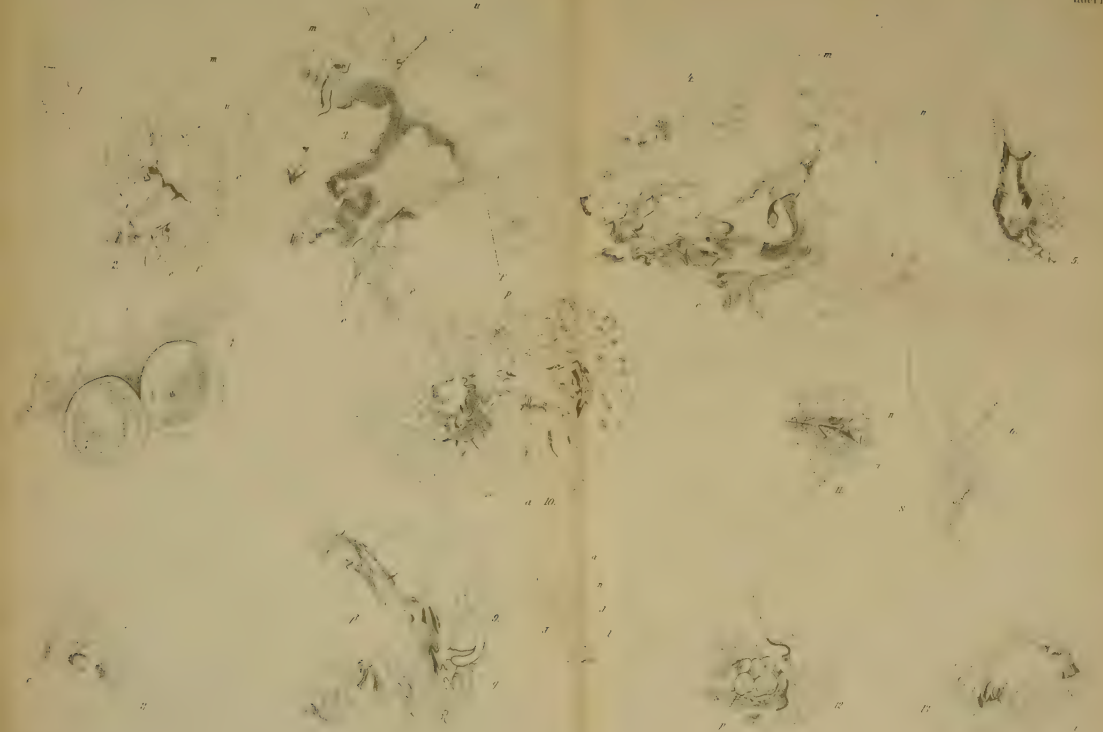


Fig. 4

Fig. 2

Fig. 1

Autor phot. Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.



Ist Zahlbrucknera als eigene Gattung beizubehalten oder wieder mit Saxifraga zu vereinigen?

Von

Karl Fritz Schwaighofer.

Aus dem botanischen Laboratorium der k. k. Universität in Graz.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Jänner 1908.)

Die Gattung *Zahlbrucknera* mit der einzigen Art *paradoxa* wurde im Jahre 1832 von L. Reichenbach aus der Gattung *Saxifraga* ausgeschieden; die Pflanze zeigt jedoch mit einzelnen Vertretern der Gattung *Saxifraga* so überaus große Ähnlichkeiten, daß die Vermutung nahe lag, die Abtrennung sei überflüssig. Auch ist diese auf Grund eines rein morphologischen Merkmales hin erfolgt, das, wie sich herausstellte, auf irriger Ansicht basiert; deshalb habe ich, zumal die Pflanze von Graz aus leicht zu beschaffen ist und auch an ihren natürlichen Standorten verhältnismäßig leicht beobachtet werden kann, dieselbe im Sommer des vergangenen Jahres auch in bezug auf ihre anatomischen Verhältnisse untersucht,[1] da ich

[1] Eingehender habe ich folgende Arten untersucht:

1. *Zahlbrucknera paradoxa* Rchb. (von mir selbst vor und in der Blüte sowie in reifem Zustande im Gamsgraben bei Stainz und im Teigitschgraben gesammelt).

2. *Saxifraga Cymbalaria* L. (aus dem botanischen Garten in Graz).

3. *Saxifraga hederacea* L. (Insel Karpathos; unter Felsen an schattigen Orten am Mte. Kalotini, 5000 s. m.; leg. Th. Pichler, 20. Mai 1883).

4. *Saxifraga Huetiana* Boiss. (Paphlagonia, Wilajet Kastambuli, Tossia Aktschauschdere; leg. P. Sintenis, 29. Juli 1892).

5. *Saxifraga Sibthorpii* Boiss. (Flora Graeca [curav. J. Dörfler]; in Monte Parnasso prope Pigadia; leg. Chr. Leonis, 14. Juli 1898; sowie aus dem botanischen Garten in Graz).

Das Herbarmaterial stammt aus dem botanischen Institute der Universität in Wien.

der Ansicht bin, daß eine systematische Einteilung, die sich bloß auf Blütencharaktere stützt, sehr einseitig zu nennen ist, daß vielmehr auch Anatomie und Morphologie der vegetativen Organe für die Verwandtschaftsverhältnisse in stärkerem Maße in Betrachtung gezogen werden müssen, als dies vielfach geschieht. In den letzten Jahrzehnten sind ja auch wiederholt schon größere Arbeiten erschienen, in denen zur systematischen Einteilung auch die vegetativen Organe berücksichtigt worden sind. Für *Saxifraga* wäre unter andern besonders die Arbeit von Leist zu nennen »Beiträge zur Anatomie der Saxifrageen«, die allerdings die Anatomie des Laubstengels allzusehr in den Vordergrund stellt, die übrigen Teile der Pflanze, speziell das Laubblatt allzu stiefmütterlich behandelt und in die Betrachtung einbezieht.

Die in Rede stehende Pflanze wurde im Jahre 1810 von Sternberg in dessen Revisio Saxifragarum[1] zuerst beschrieben als *Saxifraga paradoxa.*

Im Anschluß an die Beschreibung sagt er folgendes:

. . . . Affinis S. Sibiricae, quantum ex descriptione illius depromere licet, sed divaria pedunculis axillaribus unifloris et conformatione singulari calycis. S. . . . .

Die Pflanze wurde in eine Gruppe zusammengefaßt mit *S. orientalis,*[2] *reticulata, cymbalaria,*[2] *hederacea, sibirica.* Im zweiten Supplement[3] der »Revisio« teilt sie Sternberg einer eigenen Sektion »Sectio duodecima: Discogyne (Lobariae spec. Haw.)« zu:

. . . . *162. Saxifraga paradoxa.*

S. caulibus decumbentibus ramosissimis flaccidis petiolisque villosis, foliis longe petiolatis reniformibus quinquelobatis glaberrimis, lobis rotundatis mucronulatis, pedicellis elongatis filiformibus villosis, unifloribus axillaribus terminalibusque.

---

[1] Revisio Saxifragarum iconibus illustrata, auctore Caspara comite de Sternberg, Ratisbonae 1810, p. 22.

[2] Im zweiten Supplement der »Revisio« (1831) sind beide Arten zusammengezogen.

[3] Revisionis Saxifragarum iconibus illustratae supplementum secundum. Auctore Casparo comite de Sternberg. Pragae, 1831, p. 89.

S. paradoxa, *Sternb. rev. p. 22, t. 14, Sturm, fl. germ., ic. Host, fl. austr. 1, p. 504.*

Lobaria paradoxa, *Haw. Saxif., p. 20.*

Habitat in rupibus umbrosis homidiusculis ad Hradecium Styriae, in monte Saualpe Carinthiae et ad Labacum Carniolae. ♃? (v. s. sp.)

Nun trennt, wie bereits eingangs erwähnt, Reichenbach in der Flora germanica exc.[1] vom Jahre 1832 diese Art von der Gattung *Saxifraga* ganz ab und stellt sie als eigene neue Gattung *Zahlbrucknera* zwischen *Chrysosplenium* und *Saxifraga*. Er tut dies offenbar auf Grund eines Merkmals, das schon Sternberg im 2. Supplement der »Revisio« erwähnt, daß nämlich diese Pflanze einen zehnblättrigen Kelch, jedoch keine Blumenkrone aufweist, zum Unterschiede von *Saxifraga*, wo ja ein fünfblättriger Kelch und ebensolche Blumenkrone zur Ausbildung gelangt.

DCCI. *Zahlbrucknera* Rchb. Zahlbrucknere. *Cal.* limbus radiato-10partitus, partitionibus alternis maioribus. *Cor.* nulla; *Stam.* 10 laciniis calycis anteposita patentia. *Styli* 2. *Caps.* bilocularis polysperma birostris post dehiscentiam toto aperta. — Genus *Chrysosplenio* et *Saxifragae* intermedium, quo peritissimum ingenuumque plantarum alpinarum indagatorem humanissime salutat auctor.

3568 *Z. paradoxa* Rchb., *Saxifraga paradoxa* Sternb. Chrysosplenio tenerior, ramoso-diffusa, folia longepetiolata cordato-reniformia, 5—7 loba; pedunculi subcapillares uniflori, axillaris subcorymbosi, calyx stellatus intus et viridi-albens. Male noverunt, qui cum Saxifraga orientali et reticulata perturbant! cf. Pl. crit. IX. ic. — An Schieferfelsen, im Lavantinthale auf der Saualpe in Kärnten: v. Zahlbruckner, Steyermark, Sieb. Vest. Juli, August. ♃.

Die Literatur über diese Gattung ist ziemlich spärlich,[2] was wohl mit dem engen Verbreitungsbezirk derselben zusammenhängt. Haworth, der die Linné'sche Gattung *Saxifraga* in zahlreiche selbständige Gattungen gliedert, führt sie als *Lobaria paradoxa*[3] an. Auffallend ist, daß Thouvenin in seiner Arbeit über die Struktur der Saxifrageen[4] die *Zahl-*

---

[1] L. Reichenbach, Flora gemanica excursoria, Lipsiae 1830—32, p. 551.

[2] Siehe das Literaturverzeichnis am Schlusse der Arbeit.

[3] Haworth A. H., Saxifragearum enumeratio, London 1821, p. 20.

[4] Thouvenin, Recherches sur la structure des Saxifragées, in Ann. sc. nat., Ser. 7, T. XII; 1890, p. 1—174, u. pl. 22.

brucknera mit *Tellima*, *Mitella*, *Tiarella*, *Heuchera* u. s. w. behandelt. Letztere sind zwar untereinander teilweise ziemlich nahe verwandt (Engler), stehen der Gattung *Zahlbrucknera* jedoch viel ferner als *Saxifraga* (wenigstens einige Arten derselben), indem erstere wandständige oder fast grundständige (*Tiarella*) Plazenten haben, während *Zahlbrucknera* ebenso wie *Saxifraga* zentrale Plazentation aufweist. Der Gattung *Saxifraga* hingegen widmet Thouvenin ein eigenes Kapitel.

Der Grund, daß die Pflanze heutzutage überhaupt noch von der Gattung *Saxifraga* abgetrennt wird, dürfte wohl darin zu suchen sein, daß Engler sie in seiner Monographie der Gattung *Saxifraga* [1] abgetrennt beibehält, indem er als Unterscheidungsmerkmal anführt, daß die Frucht bei den *Saxifraga*-Arten mit einem Spalt aufspringt (c. rima dehiscens), während sie bei *Zahlbrucknera* mit einem Loch aufspringt (c. foramine dehiscens).[2] In seiner Bearbeitung der Familie der *Saxifragaceae* in den »Natürlichen Pflanzenfamilien« [3] führt Engler die verschiedenartige Insertion der Blumenblätter als Unterschied an.

Ob und inwieweit die eben angeführten Unterscheidungsmerkmale vorhanden sind, sodaß dadurch die Spaltung in zwei selbständige Gattungen begründet ist, soll die folgende morphologisch-anatomische Untersuchung zeigen.

A. Zahlbrucknera paradoxa (Sternbg.) Rchb.

Syn.: *Saxifraga paradoxa* Sternb. ex rev. Sax., p. 22 (1810). — *Lobaria paradoxa* Haw., Saxif. enum., p. 20 (1821). — *Oreosplenium* Zahlb. (ex Endlicher, gen. 814, 1446 [1841]). — *Chrysosplenium rupestre* Zahlb. ao. 1826 et *Zahlbrucknera rupestris* Zahlb. sec. Schiner i. Verh. d. k. k. zool. bot. Ges. Wien (1851), p. 156. — *Zahlbrucknera Austriaca* Maly, Fl. v. Steiermark (1868), p. 178. [4]

Die Pflanze findet sich vor allem im Gebiete der Kor- und Saualpe. Alle Angaben, die sich auf Fundorte beziehen, [5] die

[1] Engler A., Monographie der Gattung *Saxifraga*, Breslau 1872.

[2] L. c., p. 5.

[3] Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Leipzig 1894, Teil III, Abtlg. 2a, p. 49.

[4] Teilweise nach Derganc L., Über geographische Verbreitung der *Zahlbrucknera paradoxa* Rchb. pat.

[5] Derganc, l. c.

fernab von der kärntnisch-steirischen Grenze liegen, scheinen auf Irrtümern zu beruhen.[1] Sie kommt in Höhlungen oder in Felsspalten, besonders auf Gneis, immer an schattigen Plätzen vor. Fast stete Begleiter der Pflanze sind vor allem *Moehringia diversifolia* Doll. und *Asplenium septentrionale* Hoffm.;[2] auch *Oxalis Acetosella* L., mit welcher sie von weitem leicht zu verwechseln ist, ist immer in unmittelbarer Nachbarschaft zu treffen. In nicht blühendem Zustande gleicht sie außerordentlich der *Linaria Cymbalaria* (= *Cymbalaria muralis*).

I. Vegetative Organe.

1. Wurzel. Die Wurzel bietet in ihren anatomischen Verhältnissen nichts Bemerkenswertes dar. Da auch die Wurzeln der *Saxifraga*-Arten nichts bieten, worauf sich eine systematische Einteilung aufbauen ließe, also auch ein Vergleich der Wurzeln beider Gattungen für die Aufgabe, die ich mir bei meinen Untersuchungen gestellt habe, zwecklos wäre, so kann ich mich auf den allgemeinen Bau derselben beschränken.

Die reichverzweigten Wurzeln sind durchzogen von einem axilen Gefäßbündel (Taf. I, Fig. 1); das Leptom ist in ziemlich streng radialen Reihen angeordnet, dazwischen liegen zerstreut einzeln oder in kleinen Gruppen die mitunter außerordentlich weitlumigen Gefäße, ebenfalls in annähernd radialen Reihen von unbestimmter Anzahl. Krystalleinschlüsse fehlen; überhaupt konnte ich an der ganzen Pflanze weder Einzelkristalle noch Krystalldrusen entdecken.

Das Periderm bietet gleichfalls gar nichts Besonderes. Der Kork ist dünnwandig, ziemlich reichlich entwickelt, 4 bis 9 Zellagen stark, die Korkzellen in der Flächenansicht von gewöhnlicher tafelförmig-sechseckiger Gestalt, etwas in der Längsrichtung gedehnt. Nach innen scheidet das Phellogen reichlich Phelloderm ab.

---

[1] In neuester Zeit wurde die Pflanze von H. Julius Glowacki, k. k. Gymnasialdirektor in Marburg, in der Hudinaschlucht bei Weitenstein (am Südabhange des Bachergebirges) entdeckt. (Mittlg. d. naturw. Vereines f. Steierm., 1902, p. LXVIII.)

[2] Derganc, l. c.

2. Caulom. *a) Rhizom.* Auch das Rhizom gibt uns keine Anhaltspunkte, die für systematische Zwecke verwertbar wären. Es steht senkrecht oder annähernd senkrecht im Boden und ist von zahlreichen, überaus langen, niederblattähnlichen Organen bekleidet, welche wohl aus den Blattstielen von Laubblättern hervorgegangen sind. Auf einem Querschnitt zeigt sich uns folgendes Bild (Taf. I, Fig. 2): In der Mitte ein ziemlich weitlumiges, aber verhältnismäßig dickwandiges Mark. Das Leitungssystem besteht hier aus bereits typisch ausgebildeten Fibrovasalsträngen.[1] Sehr schön ist hier das Cambium ausgebildet. Das Periderm ist wie bei der Wurzel entwickelt, außerordentlich reich der Kork.

b) Oberirdischer Laubstengel. Die Epidermis des Laubstengels besteht aus ungemein langen, schmalen Zellen (Taf. I, Fig. 3) mit geraden Seitenwänden, die bald parenchymatisch, bald prosenchymatisch ineinandergreifen; Spaltöffnungen finden sich zerstreut und ziemlich selten. Haare fehlen, wie überhaupt fast die ganze Pflanze vollständig kahl ist. Die Außenwände sind, wenn man den zarten Bau in Berücksichtigung zieht, ziemlich auffallend verdickt, die Innenwände nicht selten mit collenchymatischen Verdickungsleisten versehen (Taf. I, Fig. 4).

Unter der Epidermis befindet sich die Rinde, die hier aus 4 bis 5 Schichten großer, sehr zartwandiger Zellen besteht, die nach innen zu an Größe ziemlich rasch abnehmen. Das ganze Rindengewebe ist von Interzellularen sehr reichlich durchzogen. Auffallend sind am Querschnitte Zellen, die durch ihren gelbbraun gefärbten, körneligen Inhalt hervortreten; solche Zellen finden sich sowohl in Epidermis und Rinde als auch im Mark, ja selbst im Sklerenchymring, der den ganzen Gefäßbündelzylinder umgibt, sind sie zu finden (Taf. I, Fig. 4: g). Es dürfte dies jedenfalls von einer Gerbstoffabsonderung, wie diese bei verwandten *Saxifraga*-Arten nachgewiesen wurde, herrühren. Die Zellen sind schon mit freiem Auge als feine dunkle Strichelchen wahrnehmbar.

[1] Thouvenin (l. c., p. 54) sagt: Le bois est formé soit par des vaisseaux isolés ou réunis en petits groupes épars dans du parenchyme ligneux.

Der zentrale Gefäßbündelzylinder ist, wie bereits erwähnt, von einem dickwandigen Sklerenchymring umschlossen. Diese Scheide besteht aus zwei bis drei Schichten von Zellen, nur selten wird der Ring einschichtig.

Zwischen der Rinde und dem Sklerenchymring findet sich die Endodermis, die aus flachen, ziemlich regelmäßig sechseckigen Zellen besteht, deren Wände sehr schwach verstärkt sind. Der De Caspary'sche Strich ist mitunter recht deutlich zu sehen. Epidermis und Rinde werden hier nie abgestoßen, wie dies bei zahlreichen *Saxifraga*-Arten (nach Leist) der Fall ist. Die Endodermis kommt daher nie in die Lage, als sekundäre Epidermis zu fungieren, weist daher auch keine besonderen Festigungseinrichtungen auf.

Die Gefäßbündel sind in einem Kreis angeordnet; im oberen Teile des Stengels beträgt ihre Zahl 5, im unteren 8, was auf einen Wechsel in der Blattstellung von $^2/_5$ auf $^3/_8$ hindeutet,[1] wie dies auch bei zahlreichen *Saxifraga*-Arten beobachtet wurde. Die Gefäßbündel vereinigen sich nie zu einem vollständig geschlossenen, einheitlichen Zylinder, sondern sind stets durch breite Markstrahlen voneinander getrennt. Es kommt allerdings nicht gerade selten vor, daß zwei, selbst drei Gefäßbündel sich mit einander vereinigen, so daß es den Anschein hat, als ob doch die Bildung eines geschlossenen Gefäßbündelringes angebahnt würde. Auf sukzessiven Querschnitten sieht man jedoch, daß die Gefäßbündel nie auf längere Strecken miteinander vereinigt bleiben, sondern daß sich bald wieder Markstrahlen zwischen dieselben einschieben und sie so wieder voneinander trennen. Auch dort, wo mehrere Gefäßbündel vereinigt den Stengel durchziehen, kann man sich sofort vergewissern, daß man es mit keinem einheitlichen Gefäßbündel zu tun hat, indem auch in einem solchen Falle die Bastsicheln, welche den Gefäßbündeln vorgelagert sind, nie miteinander zu einem einheitlichen Belage verschmelzen, sondern stets durch mindestens eine Reihe parenchymatischer Zellen voneinander getrennt bleiben. Anastomosen zwischen

[1] Im obersten Teile habe ich auch wiederholt gegenständige Blätter beobachtet.

den einzelnen Gefäßbündeln sind nicht vorhanden. Das Mark besteht aus ziemlich großen, unregelmäßig polyedrischen Zellen. Ab und zu fällt eine Zelle durch relativ dicke Wandungen auf.

Der Laubstengel endigt regelmäßig mit einer Blüte.

3. Blatt. Das Blatt ist deutlich in Blattstiel und Blattspreite geschieden. Was die Form und Beschaffenheit der Blattspreite anbelangt, sind die Blätter der *Zahlbrucknera* denen der *Cymbalaria*-Gruppe, von geringfügigen Unterschieden abgesehen, vollkommen ähnlich (Taf. I, Fig. 5), wenn man nämlich davon absieht, daß bei manchen Arten dieser letzteren Gruppe das Gewebe etwas reichlicher entwickelt ist. Die langgestielten Blätter sind herznierenförmig, gewöhnlich mit fünf oder sieben Lappen. Nicht selten findet man (meist kleine) Blätter mit bloß drei Lappen; fast immer sind es die obersten Blätter, die so ausgebildet sind, doch können auch diese obersten Blätter fünflappig sein, was sogar sehr häufig der Fall ist. An der Spitze eines jeden Zipfels ist eine typisch ausgebildete Epithemhydathode entwickelt.[1] Diese sind übrigens schon äußerlich mit der Lupe leicht wahrnehmbar durch eine allerdings sehr kleine warzenförmige Erhöhung auf der Oberseite des Blattes.

Die Epidermis (Taf. II, Fig. 1) besteht aus ziemlich großen unregelmäßigen Zellen, welche mit stark wellenförmigen Rändern ineinandergreifen. Epidermiszellen mit ebenen Wänden, wie diese bei *Saxifraga*-Arten (meist über den Blattnerven) vorkommen, sind hier nur in nächster Nähe der Wasserspalten und an der Stelle, wo die Spreite in den Blattstiel übergeht, auf der Oberseite vorhanden. Hier werden die schlangenförmigen Umrisse der Zellen allmählich glatter und gehen so in die langgestreckten, geradwandigen Epidermiszellen des Blattstieles über, welche ebenso beschaffen sind wie

[1] Die Wasserausscheidung war sehr schön zu beobachten, als ich die ganze Pflanze im Blumentopf über Nacht unter eine Glasglocke gestellt hatte, in der sich wasserdampfgesättigte Luft befand. Am Morgen des nächsten Tages war an jeder Spitze ein kleines Wassertröpfchen zu sehen.

die des Laubstengels. Die Zellen der oberen Epidermis sind im allgemeinen größer als die der unteren. Die Cuticula ist überaus dünn und mit sehr feinen strich- und punktförmigen Erhöhungen versehen; die sehr zarten Außenwände der Epidermiszellen sind schwach bogig vorgewölbt.[1] Überhaupt sind sämtliche Wände, nicht nur der Epidermiszellen, sondern aller Zellen des Blattes, sehr dünn und zart.

Die Spaltöffnungen (Taf. I, Fig. 6 und 7) sind ausschließlich auf der Unterseite über die ganze Fläche verteilt, jedoch sind sie gegen den Rand zu häufiger als in der Mitte der Spreite; auf der Blattoberseite fehlen sie gänzlich (wie bei *Saxifraga* Sekt. *Cymbalaria*). Die Zellen der Epidermis, es sind deren meist vier, welche die Spaltöffnungen, die hier niemals einzeln vorkommen, sondern immer in Gruppen von drei bis sieben und mehr, umgeben, zeichnen sich durch ihre geringe Größe gegenüber den übrigen Epidermiszellen aus. Zwischen diesen Gruppen finden sich große, spaltöffnungslose Zwischenräume aus großen Epidermiszellen (Taf. II, Fig, 1). Die Schließzellen der Luftspalten fallen durch ihre meist eckige, unregelmäßige Gestalt auf (Taf. I, Fig, 6). Sie enthalten in der Regel fünf bis sieben Chlorophyllkörner, welche beträchtlich größer sind als jene der Assimilationszellen. Besonders ausgeprägte Hautgelenke sind nicht zu beobachten (Taf. I, Fig. 7), da ja die gesamten Wände (auch die Bauchwand ist verhältnismäßig sehr wenig verdickt) der Zellen so dünn sind, daß eine leichte Beweglichkeit der Schließzellen schon dadurch allein ermöglicht wird. Die beiderseitigen Höckerchen sind meist schwach ausgebildet. Die Atemhöhle ist sehr groß. Typische Nebenzellen fehlen. Haare sind auf der ganzen Fläche des Blattes nicht vorhanden.

Das Mesophyll des Blattes ist deutlich in zwei differente Partien, Assimilationsgewebe und Schwammparenchym, geschieden (Taf. II, Fig. 2).

Das Assimilationsgewebe, welches nur auf der Oberseite (Lichtseite) des Blattes entwickelt ist, besteht nur aus

---

[1] Vgl. Seefried F., Über die Lichtsinnesorgane der Laubblätter einheimischer Schattenpflanzen, p. 12.

einer lockeren Schicht assimilierender Zellen, die sehr häufig auf ziemlich lange Strecken aussetzen. Die Zellen sind, wie dies bei vielen *Saxifraga*-Arten auch der Fall ist, keine typischen Palisadenzellen, sondern haben die Gestalt »stumpfkegelförmiger Trichterzellen«, die mit ihrem stumpfen Ende der Epidermis aufsitzen und an deren spitzes Ende sich das Schwammparenchym anschließt. Auffallend sind in diesen mitunter sehr dünne, lange, stabförmige Zellen, welche förmliche Brücken zwischen der Assimilationsschichte und der Epidermis der Blattunterseite herstellen.

Die Hydathoden sind, wie bereits erwähnt, als typische Epithemhydathoden ausgebildet. Jede Hydathode besitzt nur eine große Wasserspalte, im Gegensatze zu zahlreichen *Saxifraga*-Arten (z. B. der Sektion *Euaizoonia* Schott.), wo regelmäßig mindestens deren zwei zu beobachten sind. Die Wasserspalten (Taf. II, Fig. 3) sind hier vollkommen gleich gebaut wie die Luftspalten, von denen sie sich nur durch ihre viel bedeutendere Größe unterscheiden. Die Schließzellen haben auch an den ältesten Blättern ihre Beweglichkeit fast gar nicht eingebüßt. Die Wasserspalten sind von einer Anzahl kleiner, annähernd isodiametrischer Epidermiszellen mit geradlinigen Konturen umgeben (Tafel II, Fig. 4), welche sich, je weiter von der Spitze weg, desto mehr verlängern und bald in die typischen Epidermiszellen mit welligen Rändern übergehen. Die Zellen, welche die Wasserspalte umgeben, führen keinen Krystallsand, wie dies bei einigen *Saxifraga*-Arten (allerdings selten) der Fall ist. Das unter der Mündung und dem nicht allzugroßen Interzellularraume liegende Epithem (Taf. II, Fig. 5) besteht aus zartwandigen, kleinen Zellen mit welligen Rändern und ist von zahlreichen winzig kleinen und einigen wenigen großen Interzellularen durchsetzt. Im unteren Teile verbreiten sich die Enden der (hier kurzen) Tracheiden. Das ganze Gebilde ist von einer Scheide umschlossen, die aus ebenfalls dünnwandigen, aber bedeutend größeren Zellen besteht, und gegen das übrige Gewebe abgeschlossen.

An Längsschnitten ist diese Scheide bedeutend schwerer zu erkennen, oft fast überhaupt nicht wahrnehmbar, wohl aber

auf Querschnitten (Taf. II, Fig. 6), wo sie meist sehr schön hervortritt.[1]

Die Gefäßbündel durchziehen netzförmig das ganze Blatt, vereinigen sich aber nicht alle zu einem einheitlichen Strange, sondern treten getrennt (bis zu fünf an der Zahl) in den Blattstiel ein. Längs des Blattrandes verlaufen auch kleine Gefäßbündel, die sich kurz vor dem keulig angeschwollenen Ende des Hauptnervs wiederum mit demselben vereinigen; blinde Nervenendigungen sind nicht vorhanden.

In bezug auf den Gefäßbündelverlauf erwecken übrigens fast sämtliche Abbildungen, die ich mir beschaffen konnte, irrige Vorstellungen, indem fast überall die Vereinigung der einzelnen Nerven vor dem keuligen Ende nicht zum Ausdruck gebracht ist. Vortrefflich ist derselbe natürlich im Naturselbstdrucke[2] dargestellt.

Der lange Blattstiel ist dorsiventral gebaut. Die Gefäßbündel, die getrennt eintreten, ordnen sich halbkreisförmig an und vereinigen sich nach und nach zu einem Strange und treten einheitlich in den Laubstengel ein. Ein Sklerenchymring ist nicht ausgebildet. Häufig ist der Blattstiel, besonders bei den untersten Blättern, unten in eine Blattscheide verbreitert.

Bulbillenbildung (überhaupt vegetative Vermehrung) wurde bei dieser Pflanze nicht beobachtet. Ebenso fehlt die Ausbildung von Stolonen.

II. Blütenverhältnisse.

Die Blüten sitzen immer einzeln an langen, fadenförmigen Stielen, sowohl in den Achseln der Blätter als auch an den

---

[1] Waldner führt an, daß bei den *Saxifraga*-Arten und einigen der Gattung *Saxifraga* nahestehenden Pflanzen, darunter auch *Zahlbrucknera*, ein allmählicher Übergang der Parenchymzellen in Drüsenzellen nicht stattfinde, und stellt diesen das typische Epithemgewebe gegenüber, wo ein allmählicher Übergang vorhanden sei. Ein erheblicher Unterschied zwischen den beiden Typen dürfte wohl nicht statthaben. (Vgl. M. Waldner, Die Kalkdrüsen der Saxifragen, Mittlg. d. naturw. Vereines f. Steierm., 1877, p. 25.)

[2] Ettinghausen-Pokorny, Der Naturselbstdruck, Bd. IV., tab. 385, Wien 1855.

Enden der Zweige. Selten entspringen zwei Blütenstiele an ein und derselben Stelle.

Der Blütenstiel (Taf. II, Fig. 7) wiederholt in kleinerem Maßstabe den Bau des Laubstengels, was ja wohl auch zu erwarten stand, da der Stengel mit einer Blüte endet, sich also direkt im Blütenstiel fortsetzt. Ungemein mächtig ist im Verhältnis zur Zartheit des ganzen Organes der Sklerenchymring entwickelt, wodurch sich der Blütenstiel aufs schärfste vom Blattstiele unterscheidet. Ab und zu finden sich Drüsenhaare. Die Rinde ist gewöhnlich dreischichtig; Endodermis vorhanden.

Der Blütenboden ist flach schüsselförmig; die Epidermiszellen, welche auch hier mit welligen Konturen ineinandergreifen, haben schwach vorgewölbte, mäßig verdickte Außenwände. Zwischen ihnen zahlreiche Spaltöffnungen. Hier ist die einzige Stelle an der ganzen Pflanze, wo sich zahlreiche Haare finden. Es sind einzellreihige Drüsenhaare. Das ebenfalls meist einzellreihige Köpfchen (es besteht aus drei bis fünf niederen Zellen) ist oft nur sehr schwach angedeutet; häufig allerdings ist es sehr schön entwickelt, so daß es, abgesehen von seinem Inhalte, schon durch die bloße Form bemerkbar ist (Taf. I, Fig. 8).

Die zyklisch gebaute Blüte besteht aus fünf Kelch-, ebensoviel Blumenkron- und zehn Staubblättern. Das Gynäceum enthält zwei Carpide, die miteinander zu einem einheitlichen Fruchtknoten verwachsen sind. Die beiden Griffel sind kurz und gehen allmählich in die Narbe über. Die Kelchblätter sind grün und haben auf ihrer Unterseite zahlreiche Spaltöffnungen, die in ähnlicher Weise verteilt sind wie am Laubblatt. Epidermiszellen von gewöhnlicher Gestalt mit welligen Rändern. Durch ein wichtiges anatomisches Merkmal sind die Kelchblätter von den Blumenkronblättern streng geschieden: jeder Kelchzipfel trägt an seiner Spitze, ebenso wie die Laubblattzipfel, eine Epithemhydathode mit je einer Wasserspalte. Durch dieses Merkmal sind sie von den Blumenkronblättern, denen jede Andeutung eines solchen Organes fehlt, deren Nerven vielmehr ohne Anschwellung blind im Blatt endigen, leicht anatomisch zu unterscheiden, ganz abgesehen von ihrer bedeuten-

den Größe. Auf der Oberseite der Kelchblätter finden sich keine Luftspalten. Haare sind selten. Der Nerv, der das Blatt durchzieht, verzweigt sich im Gegensatz zu den meisten *Saxifraga*-Arten, wo der Hauptnerv rechts und links je einen Nebennerv entsendet, bei *Zahlbrucknera* nicht (Taf. III, Fig. 1).

Die ganzrandigen Kronblätter sind sehr unscheinbar, grünlich, wie der Kelch, gefärbt. Sie sind vom Grunde bis zur Spitze annähernd gleich breit oder doch nur schwach gegen die Spitze zu verbreitert. Das ist eben der Hauptgrund, weshalb die Pflanze noch immer abgetrennt wird.[1] Die Kronblätter besitzen bei *Zahlbrucknera* ebenfalls (wenige) Luftspalten, was ja auch bei *Saxifraga*-Arten, deren Kronblätter zur Vergrünung neigen,[2] vorkommt. Drüsen, wie sich solche bei den meisten Arten der Sekt. *Cymbalaria* vorfinden,[3] fehlen hier gänzlich.

Die Staubgefäße sind in zwei Kreisen angeordnet, welche den Kelch-, beziehungsweise Kronblättern opponiert sind. Die Filamente sind pfriemenförmig und tragen an ihrem spitzen Ende die fleischfarbenen Antheren.

Die Blüten sind ebenso wie bei *Saxifraga* proterandrisch.

Das Gynäceum besteht wie bei den meisten *Saxifraga*-Arten aus einem zweifächerigen Fruchtknoten.[4] Die Plazentation ist zentral. Jedes der beiden Fächer enthält zahlreiche anatrope Samenanlagen; die Mikropyle ist nach unten und innen gewendet.

Die Kapsel springt nicht, wie allgemein angeführt wird, mit einem Loch (foramine) auf, sondern geradeso mit einem

---

[1] Vergl. z. B. Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, T. III[4] Abt. 2a, p. 49.

[2] Engler, l. c., p. 25.

[3] Engler, l. c., p. 25; und weiter unten p. 21.

[4] Die Angabe in Thomé's Flora von Deutschland (1. Aufl.), daß der Fruchtknoten bei *Zahlbrucknera* einfächerig ist, die Pflanze hierin *Chrysosplenium* näher stünde als *Saxifraga*, ist natürlich falsch. Ob diese Angabe in der zweiten Auflage bereits verbessert ist, ist mir nicht bekannt.

Spalt (rima) wie bei *Saxifraga*.[1] Die reifen Samen sind bald länglich, bald mehr oder weniger kugelig, mit kleinen Wärzchen versehen.

Die Blütezeit der Pflanze fällt in die Monate Juni, Juli.[2] Die Blumenblätter fallen nach dem Blühen, im Gegensatz zu *Saxifraga*, nicht ab.

B. Saxifraga L.

Wenn wir nun die Gattung *Saxifraga* in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen, so ist es von vornherein klar, daß nur ein kleiner Teil dieser so außerordentlich divergenten Formen mit *Zahlbruckneru* in Vergleich gebracht werden kann. Es sind dies vor allem die Arten der I. Sektion *Cymbalaria* Griseb.:[3] *S. hederaefolia* Hochst.,[4] *S. hederacea* L., *S. scotophila* Boiss.,[4] *S. Cymbalaria* L., *S. Huetiana* Boiss. und *S. Sibthorpii* Boiss. et Sprun., sowie auch noch einige Arten der IV. Sektion *Nephrophyllum*, darunter besonders unsere endemischen Arten *S. cernua* L. und *S. arachnoidea* Sternb. mit ihren nächsten Verwandten, wenngleich die Arten dieser Sektion schon wieder ferner stehen.[5]

---

[1] Als ich (am 10. August v. J.) die Pflanze im Gamsgraben bei Stainz sammelte, konnte ich sehr schön dieses Aufspringen der Frucht mittels eines Spaltes beobachten, da ich Früchte in allen Reifestadien vorfand; sowohl Exemplare, die soeben geblüht hatten, als auch solche mit vollständig ausgereiftem Fruchtknoten und oft schon ausgefallenen Samen. Gerade noch blühende Pflanzen waren schon sehr selten zu finden.

[2] Vergl. dagegen Derganc, l. c.

[3] Ich folge hier der Einteilung der Gattung in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien (l. c., p. 53 ss.).

[4] Die beiden Arten *S. hederaefolia* Hochst. und *S. scotophila* Boiss. konnte ich mir leider nicht beschaffen. Da sie sich jedoch in nichts Bedeutendem von den von mir untersuchten Arten unterscheiden (*S. scotophila* z. B. steht der *S. hederacea*, von der sie vielleicht nur eine Varietät [Boiss.] ist, sehr nahe), so dürfte dies die Allgemeingiltigkeit meiner Schlußfolgerungen kaum beeinträchtigen.

[5] Siehe weiter unten, p. 41.

Sekt. Cymbalaria Griseb.

Die einzelnen, einander sehr nahestehenden Arten dieser Sektion sind trotz ihrer großen habituellen Ähnlichkeit unschwer auseinanderzuhalten, »da sich einestheils in dem Grade der Verwachsung der Kelchblätter, anderntheils in der Gestalt und Größe der Blumenblätter sowie in der Gestalt der Blattabschnitte Anhaltspunkte zur Charakterisierung vorfinden».[1]

I. Vegetative Organe.

1. Wurzel. Rosendahl[2] unterscheidet nach der Beschaffenheit der Wurzel oder des Wurzelsystems bei den *Saxifrageae* zwei Gruppen: rasenbildende Arten, wo fast immer die primäre Wurzel als Hauptvermehrungsorgan beibehalten wird und die Adventivwurzeln in größerer oder geringerer Zahl auf kriechenden Stengelteilen erzeugt werden, und die Arten, wo an einem Rhizom nur Adventivwurzeln zur Ausbildung kommen. Die perennierenden Arten der Sektion *Cymbalaria* gehören ebenso wie *Zahlbrucknera paradoxa* zur zweiten Gruppe. — Im anatomischen Bau unterscheiden sich die Wurzeln der *Cymbalaria*-Gruppe in nichts von denen der *Zahlbrucknera paradoxa*.

2. Caulom. *a) Rhizom.* Auch das Rhizom der mehrjährigen Arten unterscheidet sich in keinem Punkte von dem der *Zahlbrucknera*. Das Mark ist sehr oft auf wenige weitlumige Zellen in der Mitte reduziert. Bulbillen- oder Brutknospenbildung kommt bei den Arten der Sektion *Cymbalaria* nicht vor; wohl aber finden sich solche vielfach bei den Formen der Sektion *Nephrophyllum*, ich erwähne ganz besonders *S. cernua*. Durch dieses Merkmal entfernen sich die Arten der letztgenannten Sektion bereits wieder aus dem engeren Verwandtschaftskreise der *Zahlbrucknera*, in dem Bulbillenbildung nirgends beobachtet wurde. Bei den letztgenannten Arten

---

[1] Engler, l. c., p. 76.

[2] Rosendahl C. O., Die nordamerikanischen Saxifraginae und ihre Verwandtschaftsverhältnisse in Beziehung zu ihrer geographischen Verbreitung; Engler's botan. Jahrb., Bd. 37 (1905), Heft 2, Beibl. 83.

(*S. cernua* etc.) ist das Rhizom auch bedeutend schwächer ausgebildet.[1] Das Rhizom findet seine Fortsetzung nach oben in dem oberirdischen Stengel.

b) Oberirdischer Laubstengel. Die Epidermis des Laubstengels besteht auch hier, wie bei fast allen *Saxifraga*-Arten, aus längsgestreckten Zellen mit geraden Rändern; sie greifen bald parenchymatisch, bald prosenchymatisch ineinander. Die Außenwand ist oft ziemlich verdickt, die Innenwände meist schön collenchymatisch. Besonders schön sind diese collenchymatischen Verdickungsleisten bei *Saxifraga Huetiana* Boiss. zu beobachten, bei der auch die Außenwände im Verhältnis zu anderen Arten auffallend stark verdickt sind (Taf. III, Fig. 2).

Die Rinde besteht gewöhnlich aus 4 bis 7 Schichten großer Zellen. Eine sklerenchymatische Ausbildung eines Teiles der Rindenzellen, wie solche bei fast allen *Saxifraga*-Arten vorkommt,[2] findet hier nicht statt, die Zellen der Rinde sind durchwegs sehr zartwandig, parenchymatisch. Nur mitunter, aber wohl sehr selten, sind collenchymatische Verdickungsleisten bei einzelnen Zellen zu beobachten.

Nach innen schließt an die Rinde die Endodermis an, deren Zellen hier dünnwandig bleiben (bei *S. Huetiana* sind sie verkorkt),[3] da auch bei diesen Arten Rinde und Epidermis nie abgeblättert werden, die Endodermis daher nie zur sekundären Epidermis wird. Die Endodermis besteht hier aus einer Schichte tafelförmiger Zellen.

Bei den Arten der Sektion *Cymbalaria* findet sich nun im Laubstengel innerhalb der Endodermis kein Sklerenchymring, wie er für *Zahlbrucknera* charakteristisch ist; wohl aber findet eine Annäherung an den *Zahlbrucknera*-Typus insofern statt, als innerhalb der Endodermis zwei, selbst drei Schichten langgestreckter Zellen sich finden, meist mit geraden Wänden, die aber keine Spur von Verholzung zeigen. Die Gestalt der Zellen ist also in beiden Fällen die gleiche, wenn

[1] Rosendahl, l. c., p. 4.
[2] Leist, l. c., p. 314.
[3] Leist, l. c., p. 316.

sie auch aus verschiedenem Material aufgebaut sind, was immer auf gewisse verwandtschaftliche Beziehungen zwischen den beiden Gruppen schließen läßt. Manche dieser eben erwähnten Zellen zeigen collenchymatische Verdickungen, die gar nicht so selten sind, doch in Bezug auf den Stärkegrad der Verdickung sehr variieren.

Der Gefäßbündelverlauf im Stengel ist bei der Gattung *Saxifraga* überaus variabel.[1] Bei den Formen der Sektion *Cymbalaria* kommt stets nur ein Kreis von Gefäßbündeln zu stande, der sich nie[2] zu einem ringsum vollständig geschlossenen Ringe vereinigt, die einzelnen Bündel bleiben vielmehr stets durch Markstrahlen voneinander getrennt. Wohl kommt es auch hier nicht gerade selten vor, daß sich zwei oder mehrere Gefäßbündel auf kurze Strecken aneinanderlegen. Diese zeigen dann dasselbe Verhalten, wie ich es für *Zahlbrucknera* ausführlich beschrieben habe.[3] Sekundäres Dickenwachstum findet bei diesen Arten nicht statt.

Bei *S. cernua* L. sind die Gefäßbündel sehr bald zu einem einheitlichen Ring geschlossen. Die Rinde besteht aus kleinen Zellen; die inneren Schichten sind wohl verdickt, aber nie verholzt.[4] Der Sklerenchymring ist von außerordentlicher Mächtigkeit. Bei *S. arachnoidea* Sternb. ist der Sklerenchymring einschichtig, die Rindenzellen groß und dünnwandig; die Haare sind jedoch abweichend gebaut.

Auch bei den *Saxifraga*-Arten der Sektion *Cymbalaria* finden sich in der Epidermis (sowie auch in der Rinde und im Mark) Zellen, welche Gerbstoff aufspeichern.

3. Blatt. Die Blätter stimmen im anatomischen Aufbau fast vollkommen mit den Laubblättern der *Zahlbrucknera paradoxa* überein. Morphologisch sind sie durch die Gestalt der einzelnen Lappen untereinander geschieden (Taf. III, Fig. 3 und 4).

Die Epidermiszellen sind mit welligen Rändern versehen, doch ist die Stärke der Wellung durchaus nicht konstant, sondern wechselt mit den jeweiligen Standortsverhältnissen

---

[1] Leist führt an (l. c., p. 317f.): »Auffallend verschieden und wie kein anderes Merkmal geeignet, Material zur Unterscheidung von Gruppen und einzelnen Formen zu liefern, ist die Anordnung und der Bau der Gefäßbündel.«

[2] Vergl. dagegen Leist, l. c., p. 235.

[3] Siehe oben p. 31.

[4] Leist, l. c., p. 167.

der betreffenden Pflanze. Im allgemeinen sind die Ränder der Epidermiszellen auf der Blattunterseite stärker gewellt als auf der Oberseite. Am deutlichsten tritt dies bei *S. Cymbalaria* hervor, wo die Zellen der oberen Epidermis oft fast geradrandig, unregelmäßig polyedrisch sind oder doch nur schwach gewellte Ränder zeigen (Taf. III, Fig. 5), während die Epidermiszellen der Blattunterseite sehr schön die mäandrischen Ränder aufweisen (Taf. III, Fig. 6).

Außerordentlich schön und deutlich sind bei diesen Formen in der Epidermis die »Gerbstoffzellen« zu beobachten, welche diese Gruppe vor sämtlichen übrigen *Saxifraga*-Arten auszeichnen. Bei *S. Cymbalaria* sind sie (es gilt dies namentlich für die Blattoberseite) meist sehr langgestreckt, mehr oder weniger mit geraden Rändern (Taf. III, Fig. 5). Umgeben sind sie bei dieser Art von polyedrischen, oft fast geradlinigen Zellen.[1] Bei anderen Arten, z. B. *S. Sibthorpii* Boiss. et Sprun., haben sie wie die übrigen Epidermiszellen stark wellige Ränder und unterscheiden sich von diesen nur durch ihre beträchtliche Größe. Gerbstoff wird übrigens nicht nur in diesen besonders differenzierten Epidermiszellen ausgeschieden, sondern auch in manchen ganz gewöhnlichen Zellen der Epidermis (Taf. III, Fig. 5).[2] Bei Herbar- und Alkoholmaterial fallen diese Zellen schon bei Betrachtung mit freiem Auge als feine, braune Strichelchen auf; sie erreichen oft eine Länge von 1 bis 2 *mm* und darüber.[3]

Es finden sich aber auch zahlreiche Zellen, welche, ebenso wie die Gerbstoffzellen, durch ihre ähnliche Größe und Gestalt auffallen, die jedoch den Gerbstoffinhalt vermissen lassen. (Ebenso verhält es sich mit den analogen Zellen der *Zahlbrucknera*; es dürfte sich hier wie dort wohl um eine Reduktionserscheinung handeln.)

Die Gerbstoffschläuche haben nach Engler (ebenso wie bei *Zahlbrucknera*) Fusionsnatur;[4] man kann auch noch sehr oft Überreste resorbierter Querwände beobachten.

---

[1] Engler, l. c., p. 12.

[2] Vergl. Thouvenin, l. c., p. 26.

[3] Nach Engler.

[4] Vergl. dagegen Thouvenin, l. c., p. 39.

Die Spaltöffnungen sind auf die Unterseite des Blattes beschränkt, während sich auf der Oberseite bei diesen Arten keine finden.[1] Sie sind ähnlich orientiert wie bei *Zahlbrucknera*: sie stehen in (oft ziemlich zahlreichen) Gruppen beisammen, am Rande der Spreite häufiger als in der Mitte derselben. Auch hier finden sich die Gruppen der Luftspalten umgeben von bedeutend kleineren Epidermiszellen.

Im Gegensatze zu den Blättern der *Zahlbrucknera*, welche vollständig kahl sind, sind die Blätter der *Cymbalaria*-Gruppe mit Drüsenhaaren (Taf. IV, Fig. 1) besetzt. Sie finden sich in verschiedener Verteilung, entweder über die ganze Spreite in gleichmäßiger Verteilung (*S. Cymbalaria*; jedoch nur auf der Blattunterseite, während die Oberseite ganz unbehaart ist), oder es ist der Rand bevorzugt *(S. Huetiana, S. hederacea)*. Die Haare sind geradeso gebaut wie bei *Zahlbrucknera*;[2] nur ist das Köpfchen besser ausgeprägt, als es bei dieser Pflanze meist der Fall ist.

Das Mesophyll ist auch bei diesen Pflanzen deutlich in Assimilationsgewebe und Schwammparenchym geschieden.

Die Assimilationszellen sind nicht als Palisadenzellen, sondern auch als »stumpf-kegelförmige Trichterzellen« entwickelt, die allerdings unten oft nur wenig schmäler sind als oben an der Epidermis. Das Assimilationssystem ist bei den Arten der *Cymbalaria*-Gruppe reichlicher entwickelt als bei *Zahlbrucknera*, indem einesteils die Zellen viel dichter nebeneinanderstehen, andernteils sehr oft zwei Schichten assimilierender Zellen entwickelt sind (*S. Cymbalaria* [Taf. IV, Fig. 2], *Sibthorpii*). Auch das Schwammparenchym ist reichlicher entwickelt als bei *Zahlbrucknera*. »Die an die Epidermis der Unterseite sich anschließenden Zellen sind mit mehr oder weniger ausgebildeten Ausstülpungen versehen, auf denen allein die Epidermis aufliegt, daher ist die Epidermis auf der Unterseite viel leichter abzuheben als auf der Oberseite.«[3] (Die gleichen Verhältnisse finden sich auch bei *Zahlbrucknera*.)

[1] Vergl. Thouvenin, l. c., p. 40, und Engler, l. c., p. 13.

[2] Siehe weiter oben, p. 36.

[3] Engler, l. c., p. 11.

Auch hier ist an der Spitze eines jeden Blattzipfels eine Epithemhydathode ausgebildet. Sie ist genau so gebaut wie bei *Zahlbrucknera* und besitzt wie dort nur eine Wasserspalte. Interzellularen sind im Epithem verhältnismäßig häufig zu beobachten. Sie sind viel größer und zahlreicher als z. B. bei den Kalk absondernden Arten der Sektion *Euaizoonia*.

Der Gefäßbündelverlauf ist im großen und ganzen wie bei *Zahlbrucknera*.

Der Blattstiel (Taf. IV, Fig. 3) ist ebenfalls dorsiventral gebaut. Sehr schön ist bei den meisten Arten die Endodermis ausgeprägt. Auch hier ist bei einigen Formen der Blattstiel der untersten Blätter unten mehr oder weniger scheidenartig verbreitert. Ein Sklerenchymring innerhalb der Endodermis fehlt.

Bulbillenbildung in den Blattachseln ist bei den Arten der Sektion *Cymbalaria* nicht beobachtet worden.[1]

II. Blütenverhältnisse.

Die Blüten[2] stehen bei den Arten der Sektion *Cymbalaria* teils in Wickeln mit gestreckter Scheinachse *(S. Cymbalaria, Sibthorpii)*, teils in Schraubeln *(S. Huetiana)*.[3]

Der Blütenstiel ist nach zwei verschiedenen Typen gebaut. Der erste Typus ist repräsentiert durch *S. Cymbalaria, Sibthorpii*. Er ist ausgezeichnet durch das vollständige Fehlen eines Festigungsringes innerhalb der Endodermis. Der Blütenstiel (Taf. IV, Fig. 4) ist hier genau so gebaut wie der Laubstengel und von diesem anatomisch nicht unterschieden. Auch hier finden sich (wie im Laubstengel) zwei bis drei Reihen längsgestreckter, aber parenchymatischer Zellen (Taf. IV, Fig. 5). Den zweiten Typus stellt *S. hederacea, S. Huetiana* dar. Bei diesen Formen ist innerhalb der Endodermis ein meist zweischichtiger Sklerenchymring zu finden (Taf. IV, Fig. 6). Bei der erstgenannten Art *(S. hederacea)* sind die Sklerenchymzellen außerordentlich dünnwandig; in bezug auf die Dicke der

[1] Wohl aber bei *S. cernua*, wo an Stelle der Blüten in den Blattachseln sich Bulbillen finden.

[2] Genaueres darüber siehe Engler, l. c., p. 21 f., und p. 76 ff.

[3] Ähnliche Verhältnisse sind ja auch bei *Zahlbrucknera* zu finden.

Wände sind sie von den (innen) angrenzenden Markzellen oft fast nicht zu unterscheiden; bei *S. Huetiana* sind sie ziemlich verdickt. In beiden tritt die intensive Rotfärbung bei Behandlung der Schnitte mit Phloroglucin-Salzsäure sehr schön ein.[1]

Die Blüten sind zyklisch gebaut, fünfzählig, mit zweifächerigem Gynäceum. Die Kelchblätter, die im unteren Teile mehr oder weniger mit dem Blütenboden verwachsen sind, sind von den Kronblättern auch bei diesen Arten durch das Vorkommen einer Epithemhydathode geschieden. In der Epidermis kommen wie im Laubblatt »Gerbstoffzellen« vor, die auch bei *S. Cymbalaria* auf der Oberseite der Zipfel die gewöhnliche Gestalt mit mäandrisch gewundenen Rändern besitzen. Stets sind bei diesen Arten im Kelchblatt (und auch im Kronblatt) drei Nerven zu beobachten.

Die Kronblätter (Taf. IV, Fig. 7) sind bei dieser Gruppe meist schön gelb gefärbt,[2] die untere Hälfte glänzend, was von der eigenartigen papillenartigen Vorwölbung der Epidermiszellen herrührt. Sie sitzen mit einer im Verhältnis zur größten Breite des Blattes schmalen Basis auf (während eben bei *Zahlbrucknera* dieselben mit fast gleich breiter Basis inseriert sind); doch ist die Breite absolut genommen nur um ein ganz Geringes kleiner als bei *Zahlbrucknera*.[3] Bei den meisten Arten dieser Gruppe haben die Kronblätter in der unteren Hälfte zwei Drüsen, »calci«;[4] diese fehlen (nach Engler) bei *S. hederaefolia*. Nach dem Verblühen fallen die einzelnen Kronblätter bald ab.

Der Gefäßbündelverlauf in der Blütenhülle ist folgender: Es sind 10 Hauptnerven vorhanden, von denen fünf auf die Kelch- und ebensoviele auf die Kronblätter entfallen. Jeder Nerv, der zu einem Kronblatt führt, entsendet vor seinem Eintritte in dasselbe nach rechts und links je einen Nebennerv,

---

[1] Wieso Leist (l. c., p. 381, Typus II) zu dem Resultat kommt, daß dieser Typus II »von den übrigen Saxifragen dadurch unterschieden ist, daß im Blütenstiele ein Sklerenchymring vollständig fehlt«, ist mir unbegreiflich, da gerade bei *S. Huetiana* dieser Ring sehr auffällig ist.

[2] Boissier (l. c., p. 812) führt für *S. hederacea* weiße Kronblätter an, während Engler (l. c., p. 78) zitronengelbe angibt.

[3] Das Verhältnis der Basisbreite *(Sax. Cymb.* : *Zahlb.)* ist ungefähr 7 : 8.

[4] Engler, l. c., p. 25.

der in das benachbarte Kelchblatt führt. Diese Nebennerven endigen entweder blind im Kelchblatt, wie dies z. B. bei *S. hederacea* (Taf. IV, Fig. 8) der Fall ist, oder sie vereinigen sich, bevor der Hauptnerv zur Hydathode anschwillt, mit demselben (z. B. bei *S. Cymbalaria* [Taf. IV, Fig. 9]).

Die 10 Staubfäden sind gleichfalls pfriemenförmig; die Blüten proterandrisch.

Im Gynäceum bestehen gegenüber dem von *Zahlbrucknera* gar keine Unterschiede. Der Fruchtknoten ist zweifächerig, Plazentation zentral. Jedes Fach enthält zahlreiche anatrope Samenknospen. Die Kapsel springt mittels Spalt auf.

Die reifen Samen zeigen ebenfalls alle Übergänge zwischen der länglichen und kugeligen Gestalt.

Wenn wir nun die in den beiden vorhergehenden Abschnitten gewonnenen Resultate zusammenfassen und miteinander vergleichen, so muß uns vor allem wundernehmen, wieso Pflanzen, die einander anatomisch und morphologisch so nahe stehen wie *Zahlbrucknera paradoxa* und die *Saxifraga*-Arten der Sektion *Cymbalaria*, als verschiedene Gattungen aufgefaßt werden können, während Pflanzen wie beispielsweise *Saxifraga hederacea* und *S. Hostii* oder *Cotyledon* in ein und derselben Gattung stehen. Wenn man diese Arten miteinander vergleichen wollte, so dürften wohl wenige Ähnlichkeitspunkte sich ergeben.

Zahlbrucknera paradoxa hat mindestens ebensoviel Berechtigung (oder vielleicht ebensowenig), zur Gattung *Saxifraga* gerechnet zu werden, wie die Sektion *Cymbalaria*, und wenn sie heutzutage noch abgetrennt wird, so ist der Grund dafür wohl darin zu suchen, daß die Pflanze nie näher untersucht wurde. Auch die Gründe, die Engler in seinen beiden Bearbeitungen der Gattung *Saxifraga*[1] angibt, können wohl kaum als hinreichend und stichhältig bezeichnet werden, wie aus den vorhergehenden Untersuchungen hervorgeht. Denn erstens

---

[1] Engler, Monographie der Gattung *Saxifraga*, und in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien.

springt die Frucht bei *Zahlbruckneria* ebenso mit einem Spalt auf (rima) wie bei den *Saxifraga*-Arten. Wenn die Kapsel schließlich ganz geöffnet ist, wird selbstverständlich aus diesem Spalt ein mehr oder weniger rundes Loch, doch ist dies bei der Gattung *Saxifraga* ebenso. Der zweite Unterscheidungsgrund, der jetzt gewöhnlich angeführt wird, ist als Gattungsunterschied ebensowenig verwertbar. Denn es gibt ja in der Gattung *Saxifraga* auch Arten, deren Kronblätter mit breiter Basis aufsitzen, deren Zugehörigkeit zur Gattung *Saxifraga* jedoch nie auch nur im geringsten angezweifelt wurde. Als bestes und bekanntestes Beispiel erwähne ich *S. aphylla* Sternbg. (= *S. stenopetala* Gaud.), wo bis zur Ansatzstelle eine stete Verbreiterung der schmalen[1] Kronblätter stattfindet, während sie bei *Zahlbruckneria*[2] mindestens gleich breit bleiben.

Es fehlt auch nicht an Versuchen, die Gattung *Saxifraga* in selbständige, kleinere, aber einheitlichere und natürlichere Gattungen zu spalten. Die bekannteste Gliederung findet sich in Haworths »Saxifragëarum enumeratio«.[3] Ich glaube, daß diese Einteilung bedeutend natürlicher ist (zumal sie auch auf die vegetativen Organe Rücksicht nimmt) als die jetzt giltige, durchaus gekünstelte Zusammenhäufung so verschiedenartiger Pflanzen, wenngleich Engler[4] sagt: »Haworth erkannte einzelne natürliche Gruppen heraus und glaubte sich schon bei der Herausgabe seiner »Plantae succulentae« berechtigt, an

---

[1] Bei dieser Pflanze sind die Kronblätter ebenfalls einnervig, so daß auch dieser Umstand nicht als Unterscheidungsgrund gelten könnte; übrigens gibt es auch *Saxifraga*-Arten mit mehr als drei Nerven im Kronblatt.

[2] Bemerkenswert ist eine Stelle in Koch's Synopsis (l. c., I. Bd., p. 325); der Vollständigkeit halber sei sie hier angeführt: »..... Ich habe diese Pfl. lebend und mit Bth. und Früchten sehr genau beobachtet. Es sind 5 Blb. vorhanden, die mit breiter Basis sitzen, aber innerhalb des Randes vom Kelche an d. Rande der Scheibe, welche den Grund des K. einnimmt u. den freien Teil des Fruchtk. umgiebt, eingefügt, nicht anders wie bei *Saxifraga stenopetala* u. andern. Die Kapsel springt mit einer runden Öffnung auf, aber nach dem Aufspringen ist sie nicht ganz offen, wie Reichenbach anführt.«

[3] Haworth, l. c., p. 3 f.

[4] Engler, l. c., p. 29.

Stelle des Linné'schen Genus Saxifraga mehrere Genera zu setzen, ohne jedoch sich auf eine eingehendere Begründung einzulassen. Später erweiterte er die Zahl der Genera und zersplitterte in seiner »Enumeratio Saxifragarum« des Genus in 17 neue Gattungen, die jedoch von sehr ungleichen Werth waren; . . . . . «

Was speziell die Haworth'sche Gattung *Lobaria*[1] betrifft, in die er auch *Zahlbrucknera paradoxa* aufnahm, so muß sie eine ziemlich einheitliche und natürliche genannt werden. Er faßt darunter zusammen: *L. hederacea, orientalis, Cymbalariae* (diese beiden = *S. Cymbalaria), cuneifolia, rivularis, reticulata, paradoxa, arachnoidea, cernua* und *siberica.* Alle diese Arten stehen untereinander, von *L. cuneifolia* abgesehen, in nahen verwandtschaftlichen Beziehungen.

In neuester Zeit hat Leist[2] den Versuch gemacht, die Linné'sche Gattung *Saxifraga* nach anatomischen Gesichtspunkten zu gruppieren. Die einzelnen Typen, respektive Gruppen fallen mit den Sektionen Engler's annähernd zusammen, wenn auch einige dieser Sektionen stark zergliedert werden. Leist sagt am Schlusse seiner Ausführungen,[3] »daß es kein einziges Merkmal gibt, welches in konstanter Weise allen *Saxifraga*-Arten zukommt; auch das Vorkommen eines Sklerenchymringes innerhalb der Endodermis, was in der Systematik ziemlich vereinzelt dasteht, ist kein durchgreifendes Merkmal«. Er kommt zu folgendem Resultat:[4] »Gestützt auf diese nachgewiesenen Thatsachen müssen wir unsere erste Frage nach der anatomischen Begründung der Gattung *Saxifraga* dahin beantworten, daß, abgesehen von *S. peltata,*[5] eine gewisse Übereinstimmung im Aufbau der verschiedenen Arten zwar nicht zu verkennen ist, daß aber, da kein einziges bestimmt ausgeprägtes anatomisches Merkmal allen Arten und

[1] Der Name deutet auf die (gelappte) Gestalt der Blätter hin.

[2] Leist, l. c, p. 378 ff.

[3] Leist, l. c, p. 351 ff.

[4] Leist, l. c, p. 378.

[5] *S. peltata* Torr. ist heute bereits abgetrennt als *Peltiphyllum peltatum* (Torr.) Engl.

zum Unterschied von anderen Gattungen nur ihnen allein zukommt, die Gattung *Saxifraga* von den anderen Gattungen nicht scharf geschieden und darum anatomisch nicht begründet sei«.[1]

Soviel können wir wohl als feststehend annehmen:

1. *Zahlbrucknera* ist keine selbständige Gattung, sondern gehört zur Gattung *Saxifraga*, ist wieder mit derselben zu vereinigen, wie sie auch ursprünglich zu ihr gerechnet wurde.

Die Pflanze schließt sich an die Sektion *Cymbalaria*, speziell an *S. hederacea* und *Huetiana* sehr enge an, mit denen sie das Vorkommen eines Sklerenchymringes im Blütenstiel gemeinsam hat, während sie durch das Vorhandensein eines solchen im Laubstengel geschieden ist.

Daß dieses Merkmal nicht als Gegengrund für die Zugehörigkeit zu dieser Sektion verwendet werden kann, ist einleuchtend, da es auch innerhalb der bereits anerkannten Formen solche gibt, die im Blütenstiel einen Sklerenchymring haben *(S. hederacea, Huetiana)*, und Arten *(S. Cymbalaria, Sibthorpii)*, denen er vollständig fehlt.[2]

Wenn wir schließlich noch die geographische Verbreitung der Sektion, *Zahlbrucknera paradoxa* natürlich mit inbegriffen, näher in Betracht ziehen, so wird durch die Miteinbeziehung dieser Art der einheitliche Verbreitungsbezirk, der diese Sektion auszeichnet, durchaus nicht gestört, da auch andere Gattungen eine ähnliche Verbreitung besitzen. Noch besser gestützt wäre diese Behauptung, wenn es sich herausstellen würde, daß die Angaben über das Vorkommen der *Zahlbrucknera paradoxa* Rchb. in Krain[3] und Kroatien (bei Samobor)[4] auf Richtigkeit beruhten, was jedoch kaum der Fall sein dürfte.

---

[1] In Small, Flora der vereinigten Staaten, finden sich bereits die Haworth'schen Gattungsbezeichnungen.

[2] Es ist bemerkenswert, daß gerade die zartesten Pflänzchen diesen Festigungsring aufweisen, während er den stärker gebauten fehlt.

[3] Nach Derganc, l. c.

[4] In Linnaea, Bd. XXXI (1861—62), p. 19; Derganc, l. c.

2. Die Gattung *Saxifraga* ist als einheitliche Gattung nicht haltbar, sondern muß nach anderen allgemeineren Gesichtspunkten gegliedert und in mehrere selbständige Gattungen gespalten werden.

Es wäre eine dankbare und, gestützt auf das bereits vorhandene Untersuchungsmaterial, nicht allzuschwierige Aufgabe, diese Neugruppierung vorzunehmen. Eine Einteilung, die zwischen der streng anatomischen Gruppierung Leist's und der fast ausschließlich auf morphologische Merkmale gestützten Einteilung Engler's die Mitte hielte, also die anatomischen und morphologischen Merkmale gleich berücksichtigte, dürfte wohl die richtigen Verwandtschaftsgrade treffen.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Karl Fritsch sowohl für die Anregung zu vorliegender Arbeit als auch für die mannigfache Unterstützung und Anregung, die er mir während meiner Untersuchungen hat zu teil werden lassen, den wärmsten Dank auszusprechen. Auch Herrn Professor Dr. Richard v. Wettstein fühle ich mich für die bereitwillige Überlassung des seltenen Herbarmaterials zu besonderem Danke verpflichtet.

Literatur.

1. Boissier E., Flora orientalis; Genevae et Basiliae 1872; vol II., p. 811 ss.
2. Christ K., Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Laubstengels der Caryophyllinen und Saxifrageen (Diss.); Marburg 1887.
3. Derganc L., Über geographische Verbreitung der *Zahlbrucknera paradoxa* Rchb. pat.; allgemeine Botanische Zeitschrift, Jahrg. 1903, Nr. 1.
4. Endlicher St., Genera plantarum secundum ordines naturales disposita; Vindobonae 1836—40, p. 814.
5. Engler A., Monographie der Gattung Saxifraga; Breslau 1872.
6. Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien; Leipzig 1894, Teil III, Abtlg. 2a, p. 49.
7. Haberlandt G., Physiologische Pflanzenanatomie, 3. Aufl.; Leipzig 1904.
8. Haworth A. H., Saxifragëarum enumeratio; London 1821.
9. Host, Flora austriaca; Vienne 1827, vol. I, p. 504.

10. Koch W., Synopsis der deutschen und schweizer Flora. 2. Aufl., Leipzig 1846, I. Bd., p. 325.
11. Leist K., Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Saxifrageen; botanisches Centralblatt, 1890, Bd. 43, p. 100, ss.
12. Maly J., Flora von Steiermark, 1868, p. 178.
13. Reichenbach L., Flora Germanica excursoria, Lipsiae 1830—32, p. 551.
14. Reichenbach L. et Reichenbach H. G. fil., Icones florae germanicae et helveticae, auctore F. G. Kohl; Gerae 1898—99, p. 70.
15. Rosendahl C. O., Die nordamerikanischen Saxifraginae und ihre Verwandtschaftsverhältnisse in Beziehung zu ihrer geographischen Verbreitung. Engler's botan. Jahrb., Bd. 37 (1905), Heft 2, Beibl. 83.
16. Seefried F., Über die Lichtsinnesorgane der Laubblätter einheimischer Schattenpflanzen. Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wissensch. i. Wien; math. naturw. Kl., Bd. CXVI, Abt. I, Juli 1907.
17. Seidel C., Beiträge zur Anatomie der Saxifrageen (Diss.); Kiel 1890.
18. Solereder H., Systematische Anatomie der Dikotyledonen; Stuttgart 1899, p. 353 ff.
19. Sternberg C., Revisio Saxifragarum iconibus illustrata; Ratisbonae 1810.
20. Sternberg C., Revisionis Saxifragarum iconibus illustratae supplementum secundum; Pragae 1831.
21. Sturm J., Flora germanica, Nürnberg 1812, I. 33.
22. Thomé, Flora v. Deutschland, I. Aufl., Gera 1888, Bd. 3.
23. Thouvenin M., Recherches sur la structure des Saxifragées; in Ann. sc. nat. Ser. 7, T. XII; 1890, p. 1—174, u. pl. 22.
24. Waldner M., Die Kalkdrüsen der Saxifragen. Mittlg. der naturw. Ver. f. Steierm., 1877, p. 25.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Sämtliche Figuren dieser Tafel beziehen sich auf *Zahlbrucknera paradoxa.*

Fig. 1. Querschnitt durch die Wurzel; *k* Kork, *phg* Phellogen, *phd* Phelloderm.
Fig. 2. Querschnitt durch das Rhizom; *k* Kork, *phg* Phellogen, *phd* Phelloderm, *c* Kambium, *m* Mark.
Fig. 3. Epidermiszellen vom Laubstengel.
Fig. 4. Querschnitt durch den Laubstengel; *end* Endodermis, *skl* Sklerenchymring. Die gerbstoffführenden Zellen *(g)* sind dunkel gehalten.
Fig. 5. Gefäßbündelverlauf im Laubblatt.
Fig. 6. Luftspalte in Flächenansicht.
Fig. 7. Luftspalte im Querschnitt.
Fig. 8. Drüsenhaar vom Blütenboden.

Tafel II.

Sämtliche Figuren beziehen sich auf *Zahlbrucknera paradoxa*.

Fig. 1. Epidermis von der Blattunterseite; die Gerbstoffzelle dunkel.
Fig. 2. Querschnitt durch das Laubblatt.
Fig. 3. Wasserspalte (Querschnitt).
Fig. 4. Obere Epidermis der Spitze eines Blattzipfels. Um die Wasserspalte (*w*) befinden sich kleine, annähernd isodiametrische Zellen.
Fig. 5. Längsschnitt durch das Epithem; *w* Wasserspalte, *s* Scheide.
Fig. 6. Querschnitt durch das Epithem; *s* Scheide.
Fig. 7. Querschnitt durch den Blütenstiel; *skl* Sklerenchymring, *end* Endodermis

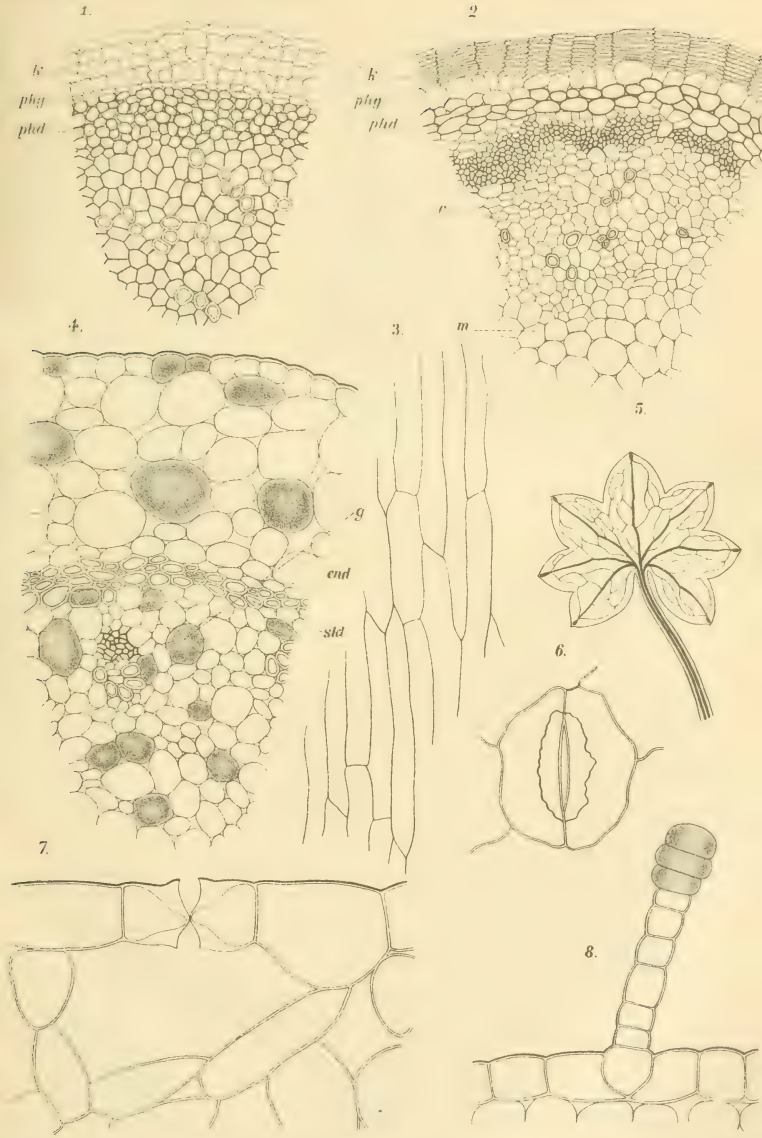
Tafel III.

Fig. 1. Gefäßbündelverlauf in der Blütenhülle von *Zahlbrucknera paradoxa* (schematisch); *p* Kronblatt, *s* Kelchblatt.
Fig. 2. Querschnitt durch den Laubstengel von *Saxifraga Huetiana*; *end* Endodermis.
Fig. 3. Gefäßbündelverlauf im Blatt von *Saxifraga Huetiana*.
Fig. 4. Gefäßbündelverlauf im Blatt von *Saxifraga Cymbalaria*.
Fig. 5. Epidermis von der Blattoberseite von *Saxifraga Cymbalaria*.[1]
Fig. 6. Epidermis von der Blattunterseite von *Saxifraga Cymbalaria*. Die Gerbstoffzellen sind in Fig. 5. u. 6 dunkel gehalten[1].

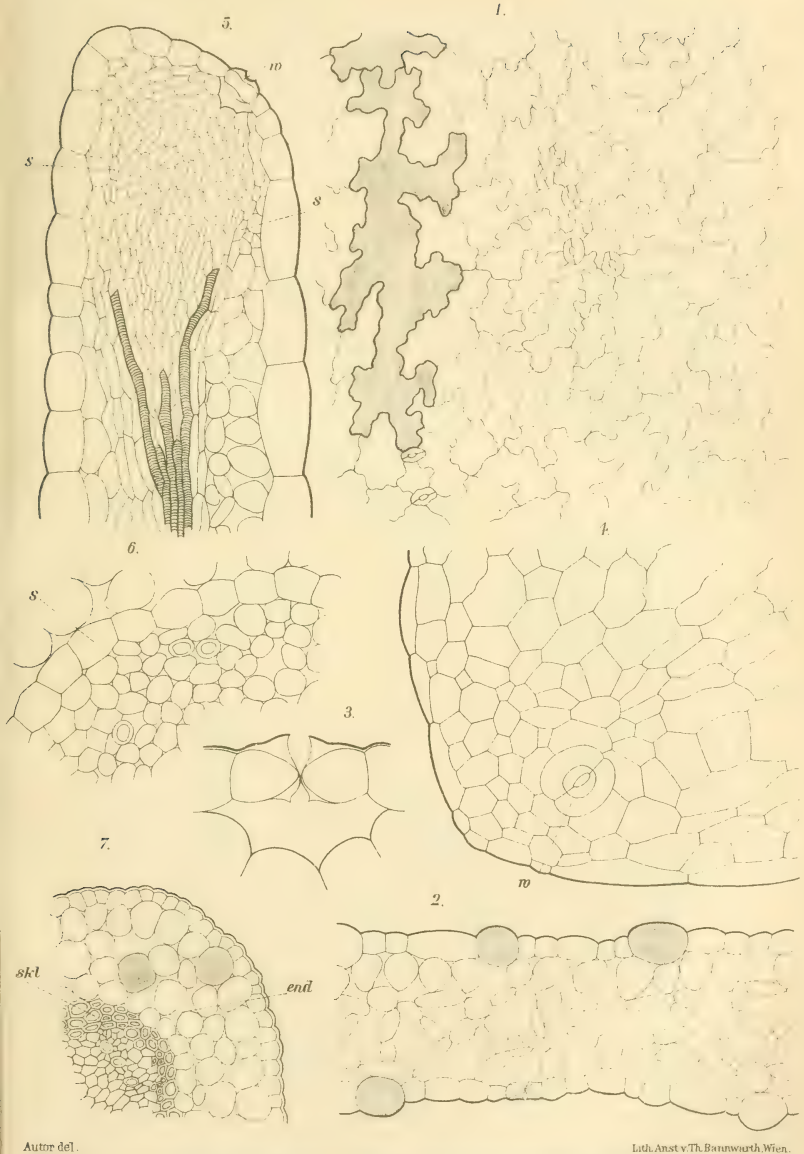
Tafel IV.

Fig. 1. Drüsenhaar von *Saxifraga Cymbalaria*.
Fig. 2. Querschnitt durch das Laubblatt von *Saxifraga Cymbalaria*.
Fig. 3. Querschnitt durch den Blattstiel von *Saxifraga Sibthorpii*; *end* Endodermis.
Fig. 4. Querschnitt durch den Blütenstiel von *Saxifraga Cymbalaria*; *end* Endodermis.
Fig. 5. Längsschnitt durch den Blütenstiel von *Saxifraga Cymbalaria*; *ep* Epidermis, *end* Endodermis.
Fig. 6. Querschnitt durch den Blütenstiel von *Saxifraga hederacea*; *skl* Sklerenchymring.
Fig. 7. Kronblatt von *Saxifraga Cymbalaria*; *c* Drüsen.
Fig. 8. Gefäßbündelverlauf in der Blütenhülle von *Saxifraga hederacea* (schematisch); *p* Kronblatt, *s* Kelchblatt.
Fig. 9. Gefäßbündelverlauf in der Blütenhülle von *Saxifraga Cymbalaria* (schematisch); *p* Kronblatt, *s* Kelchblatt.

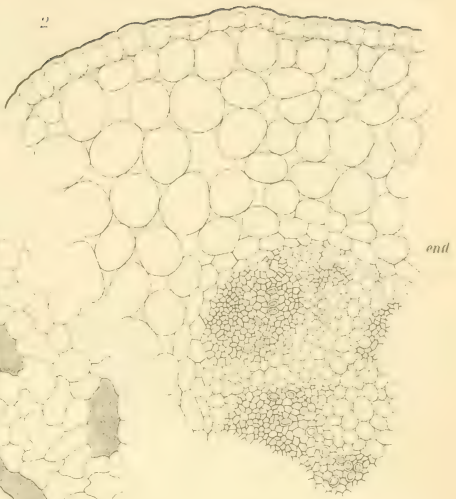
[1] Vergr. ca. 75.

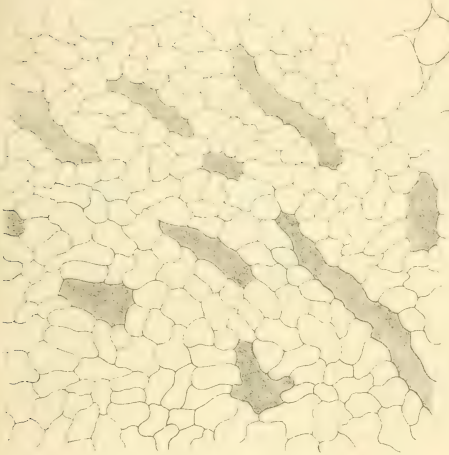


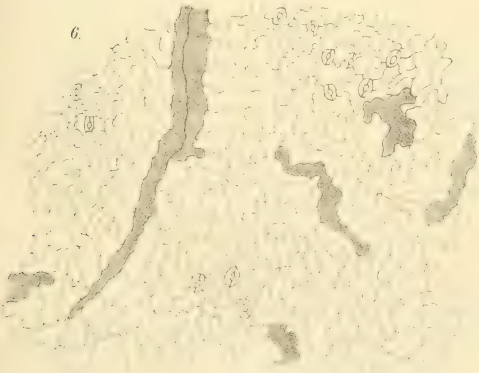
Autor del
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien
Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abth. I. 1908.



Autor del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.



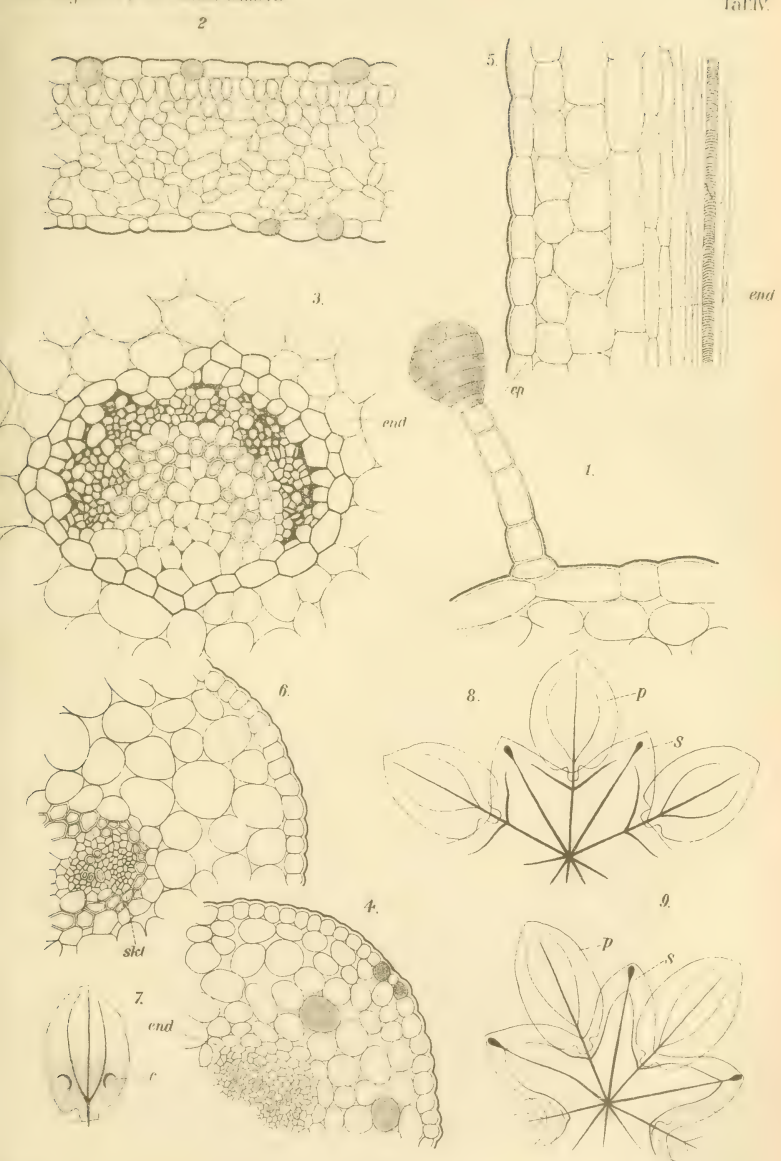




autor del.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abth. I. 1908.



Autor del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abth. I. 1908.

Diejenige Form der hier vertretenen Cyma, die dem typischen Pleiochasium am nächten steht, ist zweifellos die des Trichasiums, von welcher auch in den folgenden Zeilen ausgegangen werden soll.

1. Trichasium.

I. Nur ein einziges dahin gehöriges Beispiel wurde gefunden; in Fig. 4 ist das Diagramm dieses Blütenstandes dargestellt. Wir finden hier eine ganz regelmäßige akropetale

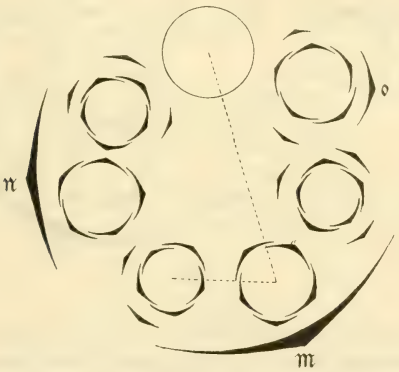


Fig. 4. Diagramm eines Trichasiums. Näheres im Text.

Verarmung: aus m entwickelt sich ein dreiblütiges Dichasium, aus n ein zweiblütiges Schraubelsympodium, aus o nur mehr die Primanblüte. Diese Abstufung kann wohl ohne Zwang als eine Rückschlagsbildung betrachtet werden, nicht so aber einige andere Anomalien, von denen zunächst die ungewohnte Stellung des ersten Kelchblattes in der Sekundanblüte des Hauptsympodiums in die Augen springt. Außerdem liegen die ersten Kelchblätter der Primanblüten hier immer auf der anodischen Seite, während wie schon in dem eingangs besprochenen Falle sonst das Gegenteil mit seltenen Ausnahmen der Fall zu sein pflegt.

2. Dichasien.

a) Das Achselprodukt aus n ist noch dreiblütig.

II. Eine elfblütige Infloreszenz, nebenbei bemerkt: die reichste, die mir überhaupt untergekommen ist, stellt das Diagramm Fig. 5 dar. Das Achselprodukt aus m ist bis zu den beiden Quartanblüten entwickelt, somit siebenblütig. Der

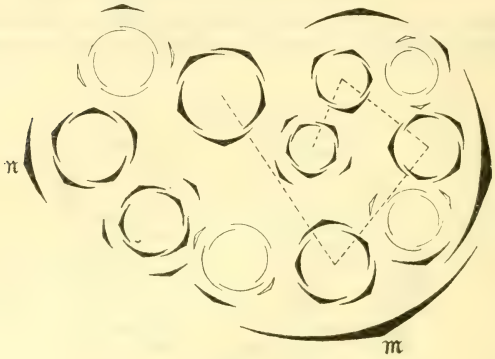


Fig. 5.

größeren Übersichtlichkeit halber sind in der Figur die sämtlichen β-Achselprodukte nebst ihren Vorblättern schwach konturiert gezeichnet. Die ersten Kelchblätter weisen die gewohnte Orientierung auf. Sämtliche Vorblätter sind entwickelt.

III. Zehnblütig, unterscheidet sich im wesentlichen von dem vorigen Falle dadurch, daß das aus m entwickelte Verzweigungssystem nur eine einzige Quartanblüte enthält, und zwar die dem Hauptsympodium angehörige. Das β-Vorblatt der Quartanblüte ist unterdrückt. Über die voraussichtliche Aufblühfolge gibt die untenstehende Tabelle Aufschluß; die Klammer bei 8 bis 10 bedeutet, daß die drei Blüten, nämlich zwei Sekundanblüten und eine Tertianblüte sich auf so ähnlichen Entwicklungsstufen befinden, daß über die Reihenfolge ihrer weiteren Entwicklung nichts mit Bestimmtheit ausgesagt

werden kann. Die Priman-, Sekundan-, Tertian- und Quartanblüten sind kurz durch die entsprechenden römischen Ziffern bezeichnet, im übrigen bedarf das Schema wohl keiner Erläuterung.

	T	I	II	III	IV
1.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—	—
2.	T	—	—	—	—
3.	—	$\mathfrak{M}_1$	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—	—
4.	—	—	—	—	—
5.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} A_{s4}$
6.	—	$\mathfrak{N}_1$	—	—	—
7.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$	—
8. bis 10.	—	—	$\mathfrak{N}_1 A_{s2}$	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$	—
	—	—	$\mathfrak{N}_1 B_{d2}$	—	—

IV. Eine neunblütige, in Diagramm Fig. 6 dargestellte Infloreszenz zeigt, von der anderen Orientierung des ersten Kelch-

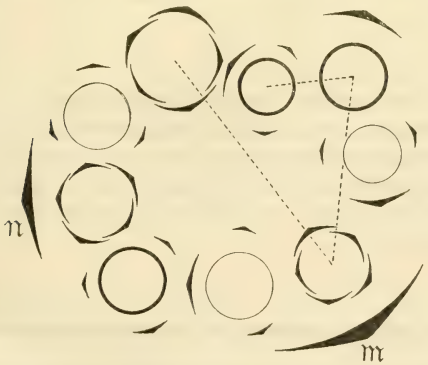


Fig. 6. Diagramm eines Blütenstandes. Näheres im Text.

blattes abgesehen, den nämlichen Bau; die geringe Anzahl der Blüten beruht auf dem gänzlichen Fehlen der Quartanblüten.

Dagegen sind beide Tertianblüten sowie sämtliche Vorblätter entwickelt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind hier die β-Achselprodukte nur schwach ausgezogen. Über die eigenartige Aufblühfolge gibt die Tabelle einen Überblick: an erster

	T	I	II	III
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{s2}$	—
3.	T	—	—	—
4.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2}$	—
5.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3}$
6.	—	$\mathfrak{N}_1$	—	—
7.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3}$
8.	—	—	$\mathfrak{N}_1 A_{d2}$	—
9.	—	—	$\mathfrak{N}_1 B_{s2}$	—

Stelle die Primanblüte des Hauptsympodiums und erst an dritter Stelle die Terminalblüte. Dem späteren Erscheinen der oberen Primanblüte begegnen wir auch in anderen Fällen.

V. Spiegelbildlich gleich ist eine andere neunblütige Infloreszenz, über deren Aufblühfolge sich nichts Genaues mehr feststellen ließ.

b) Das Achselprodukt aus n ist nur mehr zweiblütig.

VI. Eine zehnblütige, mit Linksspirale einsetzende Infloreszenz, die bis zu den beiden Quartanblüten entwickelt ist, sämtliche Vorblätter besitzt und keinerlei Anomalien aufweist, ist in Diagramm Fig. 7 dargestellt.

Untersuchungen über den Bau der »Dolden« von Stephanotis floribunda Brongn.

von

Dr. **Rudolf Wagner.**

(Mit 17 Textfiguren.)

(**Vorgelegt in der Sitzung am 9. Jänner 1908.**)

Die Blütenstände der Asclepiadaceen treten uns in der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der Fälle in Form von doldenförmigen Aggregaten entgegen, über deren Aufbau nur so viel bekannt ist, daß Schraubelsympodien dabei eine Rolle spielen; eine detailliertere Analyse fehlt uns zur Zeit noch, die häufiger kultivierten Formen bieten mannigfache Schwierigkeiten, die in der großen Anzahl der Blüten, in der Unterdrückung von Vorblättern und anderen noch zu erwähnenden Momenten gelegen sind. Es erschiene wohl rationell, zunächst solche Repräsentanten der Familie zu untersuchen, deren Blütenstände nicht die die Doldenform bedingenden Stauchungen der Hypopodien aufweisen, allein hier versagt wiederum das Material; diejenigen Arten, die reichlich zur Verfügung stehen, eignen sich zu einer orientierenden Untersuchung aus anderen Gründen weniger und das Herbarmaterial ist meist so spärlich, daß es geboten erscheint, erst nach Erledigung eingehender Studien sich damit zu befassen. Der Zufall führte mir nun in den letzten Jahren ein reichliches, wohl entwickeltes Material der seit den ersten Dezennien des vorigen Jahrhunderts in Kultur befindlichen[1]

[1] Adolphe Brongniart erwähnt in seiner Abhandlung »Note sur le genre *Stephanotis* de la famille des Asclepiadées« (Ann. Sc. Nat., II, Ser., Vol. 7, p. 28 bis 30 [1837]), wo p. 30 die Art aufgestellt wird, daß er sie lebend im Pariser bot. Garten gesehen hat, der sie vom bot. Garten der Insel Bourbon erhalten hatte.

Stephanotis floribunda Brongn. in die Hand,[1] eines Schlingstrauches aus Madagaskar, der einer daselbst mit fünf endemischen Arten vertretenen, sonst noch in Malakka, den Sundainseln, China und Japan, Westindien, Kolumbien und Peru sowie Neukaledonien repräsentierten Gattung von insgesamt 14 oder 15 Arten angehört,[2] die der bekanntlich in sämtlichen Erdteilen vertretenen Gattung *Marsdenia* R. Br. sehr nahe steht. »Corolla magna, alba, crassiuscula, hypocrateriformis v. infundibularis. Caetera *Marsdeniae*« bemerken Bentham und Hooker fil.[3] im Jahre 1876. Fünf Jahre später geht Baillon, gewiß einer der kenntnisreichsten und kritischesten Systematiker des vergangenen Jahrhunderts, noch wesentlich weiter; in seiner wenig bekannten Arbeit »Sur trois *Stephanotis*

[1] Es ist mir eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle den Herren, die mir durch ihr Entgegenkommen die Ausführung dieser Untersuchung ermöglicht haben, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen, und zwar für das lebende Material Herrn Hofgartendirektor Anton Umlauft und Herrn Hofburggartenverwalter Josef Vesely, für Herbarien und Literatur Herrn Prof. Dr. R. v. Wettstein, Herrn Kustos Dr. Alexander Zahlbruckner sowie dem Bibliothekar der k. u. k. Familienfideikommißbibliothek Herrn Dr. Fr. Schnürer.

[2] In Madagaskar finden sich *St. acuminata* Brongn., *floribunda* Brongn., *grandiflora* Dcne., *Isaura* Dcne. und *Thoursii* Brongn., auf Malakka *St. Maingayi* Hook. fil., von Hongkong wurde *St. chinensis* Champ. beschrieben, die auch auf dem chinesischen Festlande vorkommt und von Makino mit seiner *St. japonica* identifiziert wird (Tokyo Bot. Mag., Vol. 18 (1904), p. 71 bis 73), einer Pflanze, die sich in den südlichen sowie wärmeren Teilen des mittleren Japans findet. Von den Sundainseln hat Blume in Mus. Bot. Lugd. Bat., Vol. I, p. 149 (Jänner 1850), einen Strauch beschrieben, den er zu einer eigenen Gattung *Jasminanthus* rechnet und als *J. suaveolens* bezeichnet; als Heimat gibt er den Indischen Archipel an; im übrigen wird für *St. suaveolens* (Bl.) Bth. et Hook. fil. bald Malakka, bald Borneo angegeben. In die Verwandtschaft dieser Art gehört nach Bentham in Hook. Kew. Journ., Vol. V, p. 53 (1853), auch die bereits erwähnte *St. chinensis* Champ., somit auch *St. japonica* Mak., möglicherweise auch die neukaledonischen Arten, die im Falle der Gattungsberechtigung von *Stephanotis* als *St. Balansae* (Baill.), *St. speciosa* (Baill.) und *St. Vieillardi* (Baill.) zu bezeichnen sind. Auf Kuba haben wir *St. longiflora* Bth. et Hook. fil. und *St. vincaeflora* (Griseb.) Bth. et Hook. fil., in Kolumbien eine von Linden gesammelte, von Bentham und Hooker fil. l. c. erwähnte Art sowie bei Tarapoto in Ostperu eine von Spruce gesammelte, die in einem leider sehr unvollständigen Exemplar auch im Herbar des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums liegt.

[3] Genera plantarum, Vol. II, p. 737.

néo-caledoniens«[1] bemerkt er p. 811: »Le genre *Stephanotis* ne peut etre maintenu, quoi qu'on fasse, comme autonome; il ne peut constituer qu'une section à fleurs plus grandes, du genre *Marsdenia*. Aucune caractéristique scientifique ne leur appartient en propre, est c'est par pure convention qu'une plante américaine, comme le *M. vincaeflora* Griseb. est de préférence rapportée aux *Stephanotis*.«[2] Diese Anschauung vertritt er auch 1891 in seiner »Histoire des plantes«,[3] wo noch eine ganze Reihe von Gattungen in *Marsdenia* einbezogen werden. Bekanntlich hat das radikale Vorgehen Baillon's nicht viel Zustimmung gefunden, wobei übrigens häufig genug weniger eine objektive Prüfung als nationale Eifersüchteleien eine Rolle gespielt haben mögen; ein Urteil über die Berechtigung dieser Gattung auszusprechen, liegt mir ferne und ich schließe mich im folgenden der auch von Karl Schumann vertretenen Anschauung[4] an, nach welcher die fragliche Gattung mit *Marsdenia* nicht vereinigt wird.

Die *Stephanotis floribunda* Brongn. ist ein vielfach in den Warmhäusern kultivierter Strauch, von dessen Aussehen die Abbildung in Curtis' Botanical Magazine, t. 4058 (Dez. 1843), die in Paxton[5] Bot. Mag., vol. 11, tab. 29, und am besten wohl die von Hartinger in Hartinger und Seemann, Paradisus Vindobonensis,[6] eine der schönsten Ikonographien, die über-

---

[1] Bull. mens. Soc. Lin. Paris, p. 102 (3. Dezember 1889).

[2] Die Bemerkung wendet sich gegen Bentham und Hooker fil., l. c., p. 773.

[3] Vol. X, p. 230: »Nous ne pouvons conserver celui-ci qu'à titre de section«.

[4] In Engler und Prantl, Nat. Pflanzenfam., IV, 2, p. 287 (Mai 1895).

[5] Die Angabe von G. A. Pritzel in seinem Thesaurus literaturae botanicae, p. 222 (1851), daß nur zehn Bände existieren, stützt sich auf die Bibliothek von B. de Lessert; nach dem Exemplar der k. k. Hofbibliothek in Wien sind von 1834 bis 1849 16 Bände erschienen.

[6] In Anlehnung an Salisbury's Paradisus Londinensis; mit dem vollen Titel »Endlicher's Paradisus Vindobonensis, Abbildungen seltener und schön blühender Pflanzen der Wiener und anderen Gärten und Museen von Anton Hartinger.....«, erläutert von Dr. Berthold Seemann«, 1844 bis 1860. Wien, Wallishauser'sche Buchhandlung. Text deutsch und englisch. 84 Tafeln in Großfolio, farbige Lithographie.

haupt existieren, Kunde gibt.[1] Die morphologischen Angaben sind wie über die anderen Arten von gewohnter und begreiflicher Dürftigkeit; als Cymae umbelliformes werden sie von Bentham und Hooker fil. bezeichnet, ein Ausdruck, der die Nichtidentität etwa mit der Umbelliferendolde ausdrückt, im einzelnen aber eine Menge von Deutungen zuläßt. Nun hat im Gegensatze zu so vielen Asclepiadaceeninfloreszenzen unsere Art so gut wie kein Indument, die Kelchdeckung ist, wie Fig. 1 zeigt, eine ausgesprochen eutopisch-quincunciale, wobei die einzelnen Sepala der Größe und Gestalt nach etwas verschieden sind,[2] und so wird die sichere Bestimmung der meistens vollzählig entwickelten kleinen, mehr oder minder schuppenförmigen Brakteolen ermöglicht, die hier zwar öfters, bei anderen Repräsentanten der Familie aber sehr häufig unterdrückt sind. Außerdem macht sich noch der Umstand in angenehmer Weise geltend, daß die Größe der Elemente den Gebrauch der Lupe nahezu überflüssig macht.

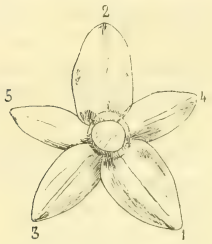


Fig. 1. Kelch von unten. Eutopisch-quincunciale Deckung.

Auf die gesamten morphologischen Verhältnisse, auf den auch in Eichler's Blütendiagrammen in extenso behandelten Streit zwischen den Auffassungen Wydler's und Hochstetter soll hier nicht eingegangen werden, sondern ganz ausschließlich auf die Zusammensetzung der »Dolde« als

[1] Während des Druckes wurde mir noch die Abbildung in Benjamin Maund und J. B. Henslow, The botanist, pl. 203, bekannt, ein sehr sorgfältig gezeichnetes Bild, eine achtblütige Infloreszenz darstellend, in der sogar die so unscheinbaren Vorblätter am Grunde der Blütenstiele nicht übersehen sind. Was die Angabe Pritzel's in seinem Thesaurus anbelangt, daß sich das Werk in der Bibl. Mus. Bot. Vind. finde, so ist zu bemerken, daß sich das Werk weder in den alten Katalogen des Botanischen Museums der Wiener Universität findet, das bei der Teilung der Sammlungen einen großen Teil der Bibliothek erhielt, noch in denen des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums; Pritzel's Angabe dürfte auf einer Verwechslung beruhen, da die k. k. Hofbibliothek das Werk in fünf Bänden zu je 50 Tafeln besitzt (1839 sqq.).

[2] Dergleichen wird von Makino auch bezüglich seiner *St. japonica* l. c., p. 72, angegeben.

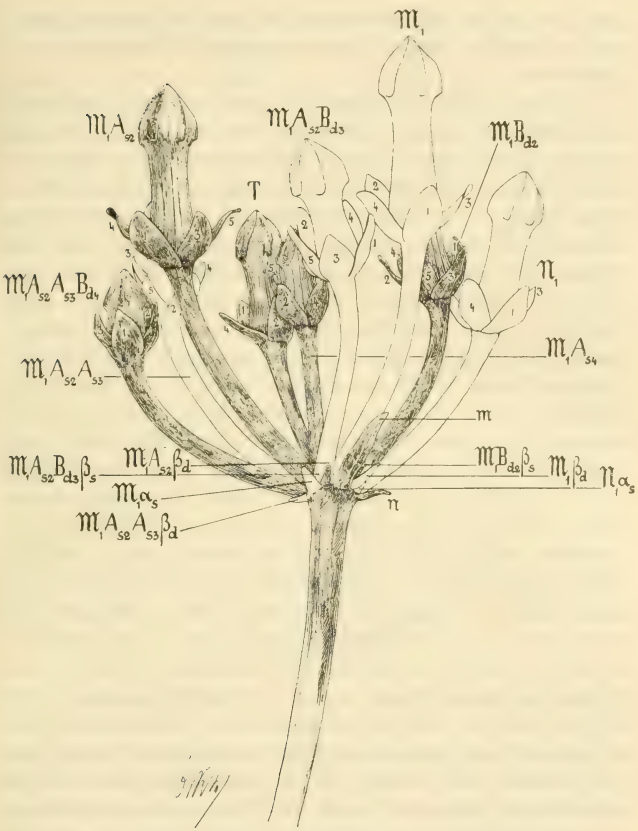


Fig. 2. Blütenstand von *Stephanotis floribunda* Brogn. Diagramm in Fig. 3.

solcher; doch möchte ich immerhin auf die richtige Angabe Brongniart's aufmerksam machen, der von »floribus ternatis vel umbellatis, pedunculo communi interpetiolari« spricht,[1] während Bentham und Hooker fil. sie als »cymae .... in una axilla breviter pedunculatae« bezeichnet.[2] Was ich hier äußere, bezieht

[1] Ann. Sc. Nat., l. c.

[2] Gen. plant., l. c.

sich nur auf die *St. floribunda*, da mir die anderen Arten nur aus Beschreibungen, beziehungsweise Abbildungen bekannt sind.

In Fig. 2 ist eine neunblütige Infloreszenz halbschematisch abgebildet. Auf einem Pedunculus communis erhebt sich eine neunblütige Infloreszenz cymösen Charakters, deren Terminalblüte, wie immer in den folgenden Darlegungen mit T bezeichnet, etwas links von der Mitte sichtbar ist, hier etwas verkürzt erscheint, die übrigen Blüten aber nicht überragt. Aus den Achseln von zwei Brakteen, die mit $\mathfrak{m}$ und $\mathfrak{n}$ bezeichnet sind und sehr ungleiche Größe aufweisen, entwickeln sich zwei gleichfalls sympodiale Partialinfloreszenzen erster Ordnung, deren untere, also aus $\mathfrak{m}$ entwickelte, siebenblütig ist, während die obere $\mathfrak{M}_1$ auf eine einzelne Blüte, nämlich die Primanblüte, reduziert ist. Es mag gleich hier bemerkt werden, daß in anderen Fällen beide Vorblätter dieser oberen Blüte fertil sind, ohne indessen, soweit bis jetzt beobachtet, jemals zur Bildung von Tertianblüten zu führen. Die untere Partialinfloreszenz erster Ordnung stellt zunächst infolge von Fertilität beider Vorblätter ein Dichasium dar mit Förderung aus α, also ein Schraubelsympodium; das Sekundan-β-Achselprodukt hat zwar seine beiden Vorblätter, die indessen stets steril sind. So entwickelt sich das Sympodium weiter bis zur Quartanblüte, die in Fig. 2 mit der abgekürzten Formel $\mathfrak{M}_1 A_{s\,4}$ bezeichnet ist; vollständig ausgeschrieben muß sie heißen $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} A_{s\,4}$. Im übrigen sind wie auch schon in anderen Abhandlungen hier die konsekutiven Sproßgenerationen abwechselnd dunkel und hell gehalten. Wie erwähnt, finden wir die hier mit Formeln bezeichneten Brakteolen[1] auch mit einer einzigen Ausnahme

[1] Solche Brakteolen und Brakteen werden sonst nur von Makino in seiner Beschreibung der auf *St. chinensis* Champ. zurückgeführten *St. japonica*, l. c., Vol. 18 (1894), p. 72, erwähnt, beiläufig der ausführlichsten Beschreibung, die wir bis jetzt von einer *Stephanotis* haben: »Bracts small, scaly, about 3 to 5, placed at the base of pedicels, unequal in size, lato-subulate, lato-ovate, ovato-oblonge, lato-linear, linear or sometimes spathulate-linear, usually obtuse, about 1 to 4 *mm* long, pubescent towards the margin and ciliated.« Bereits 1837 finden wir in B. de Lessert, Icon. select., vol. III, tab. 82, in dem überaus lebendig von Riocreux' Meisterhand gezeichneten Habitusbild von

bei sämtlichen anderen Blüten, so auch zwischen anderen Vorblättern und Blütenstielen eingedrängt die Quartanvorblätter, die wie in sämtlichen zur Beobachtung gelangten Fällen hier beide steril sind. Unterdrückt ist in diesem Blütenstande lediglich das Blatt $\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4} \alpha_d$. Stellt man den Blütenstand im Diagramm dar, wie das in Fig. 3 geschehen ist, so kommt das durch die punktierte Linie bezeichnete Schraubelsympodium deutlich zum Ausdruck. In dieser Figur sind die Terminalblüte, die beiden Primanblüten sowie die übrigen zum Sympodium gehörigen Elemente doppelt konturiert

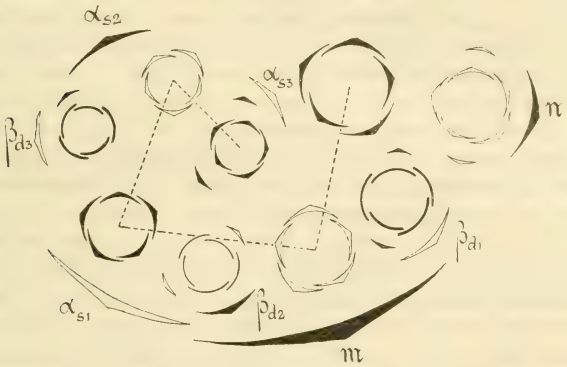


Fig. 3. Diagramm des in Fig. 2 dargestellten Falles. Vergl. auch Nr. XXII.

gezeichnet, die konsekutiven Sproßgenerationen außerdem dunkel und hell gehalten, die β-Achselprodukte je nach ihrer Zugehörigkeit zu einer Sproßgeneration stark oder schwach ausgezogen.[1] Eigentümlich verschoben erscheinen die Achselprodukte gegen ihre Tragblätter, wobei es sich zweifelsohne um sekundäre Verschiebungen handelt, deren Untersuchung einer späteren Gelegenheit vorbehalten werden

St. acuminata Brongn. zwei größere und drei kleinere Brakteen dargestellt, ebenso auf Tab. 83 vier Brakteen in der gleichfalls dreiblütigen Infloreszenz der *St. Thouarsii* Brongn. Auch Maund zeichnet sie einige Jahre später, l. c. Auf die Deutung dieser Gebilde wird weiter unten noch eingegangen werden.

[1] Vergl. unten Nr. XXII, p. 72.

	T	I	II	III	IV
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	-	—
3.	T	—	—	—	—
4.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—	—
5.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—	—
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$	—
7.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$	—
8.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—	—
9.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} A_{s4}$
10.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4}$

IX. Eine zehnblütige Infloreszenz ist in Fig. 7 dargestellt, in welcher das Hauptsympodium bis zur Quartanblüte durch-

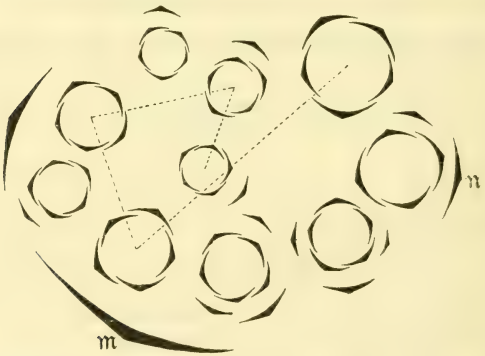


Fig. 8. Diagramm eines Blütenstandes. Näheres im Text.

geführt ist. Ein zweifellos als teratologisch anzusprechendes Moment ist die Tetramerie der oberen Primanblüte. Augenscheinlich ist der aus n axilläre Sproß ausnahmsweise der Terminalblüte homodrom, somit hier ein Achselprodukt aus β entwickelt. Das zweite Kelchblatt der Primanblüte hat aber

nicht die gewohnte, der Divergenz von 2/5 entsprechende Stellung, sondern ist dem Sepalum 1 opponiert, worauf sich dann das zweite Paar Kelchblätter alternierend anschließt. Eine weitere Anomalie besteht in der ungewöhnlichen Stellung des ersten Kelchblattes bei der Blüte $\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$, somit in der Homodromie dieser Tertianblüte mit ihrer Abstammungsachse.

Nicht weniger als sechs Vorblätter sind in dieser Infloreszenz unterdrückt:

die Tertianvorblätter

$$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3} \alpha_s$$

und

$$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3} \beta_d$$

sowie die Quartanvorblätter

$$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} A_{s4} \alpha_s$$

und

$$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} A_{s4} \beta_d$$

sowie

$$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4} \alpha_d$$

und

$$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4} \beta_s.$$

Neunblütige Infloreszenzen.

X. Blütenstand mit Linksspirale, der im Hauptsympodium bis zur Quartanblüte entwickelt ist, während als β-Achselprodukt eine solche nicht zur Entwicklung gelangt. Die Sepala 1 der Primanblüten zeigen die gewohnte Orientierung. Die Vorblätter sind sämtlich entwickelt.

XI unterscheidet sich von X durch das Fehlen von vier Vorblättern:

des Primanvorblattes

$$\mathfrak{M}_1 \alpha_d,$$

des Sekundanvorblattes

$$\mathfrak{M}_1 B_{s2} \alpha_s$$

sowie der Tertianvorblätter

$$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3} \alpha_s$$

und

$$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{d3} \alpha_d.$$

XII fällt auf durch die anodische Stellung des α-Vorblattes von $\mathfrak{M}_1$, durch dessen Sterilität und die Entwicklung eines Achselproduktes aus $\mathfrak{M}_1 \beta_d$, außerdem durch die Rechtsspirale. Augenscheinlich handelt es sich hier nur um eine späte Unterdrückung des α-Achselproduktes; da entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen bisher nicht vorliegen, drängt sich die Vermutung auf, daß die β-Achselprodukte mit ihren sterilen Vorblättern in früherem oder späterem Entwicklungsstadium den α-Achselprodukten vorauseilen, wie das ja auch von anderen Beispielen bekannt ist, und daß dann gelegentlich dem verspäteten α-Achselprodukt die Nahrung entzogen wird; es würde sich somit um einen rein ernährungsphysiologischen Vorgang handeln, ähnlich wie er sich wohl bei der Bildung unterbrochener Pleiochasien abspielt.

In der vorliegenden Infloreszenz sind nicht weniger als sechs Vorblätter unterdrückt, nämlich

die Sekundanvorblätter

$$\mathfrak{M}_1 B_{d2} \alpha_d$$

und

$$\mathfrak{M}_1 B_{s2} \alpha_s,$$

die Tertianvorblätter

$$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3} \alpha_d$$

und

$$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3} \alpha_s$$

sowie die Quartanblüten

$$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3} A_{d4} \alpha_d$$

und

$$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3} A_{d4} \beta_s.$$

XIII. Eine neunblütige Infloreszenz, die nach verschiedener Richtung hin Interesse bietet, ist im Diagramm Fig. 9 dargestellt. Bei rechtsläufiger Spirale sind die Sepala 1 der Primanblüte in üblicher Weise orientiert, d. h. sie fallen nach links. Das Achselprodukt aus $\mathfrak{m}$ ist nur bis zu den beiden Tertianblüten entwickelt, wegen des Vorhandenseins einer dritten Sekundanblüte aber sechsblütig. Diese letztere ist wohl zweifellos als $\mathfrak{g}$-Achselprodukt aufzufassen, als eine Rückschlagsbildung, indem eben die aus $\mathfrak{m}$ entwickelte Partialinfloreszenz erster Ordnung selbst den Charakter eines Trichasiums, also eine

nach unseren Anschauungen über den phylogenetischen Zusammenhang dieser Verzweigungssysteme ursprünglichere Form angenommen hat. Die Stellung von g und seinem Achsel-

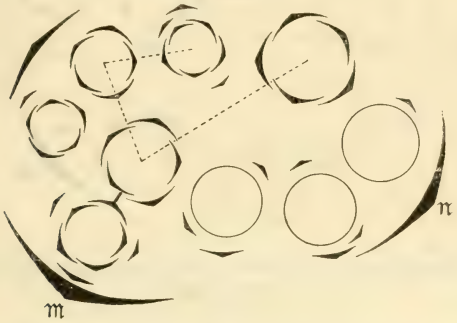


Fig. 9. Diagramm eines Blütenstandes. Näheres im Text.

produkt, anscheinend median nach vorn, bietet bei dem Vorkommen dekussierter Pleiochasien in der Familie keine Schwierigkeiten.

Ein Sekundan- und ein Tertianvorblatt sind hier unterdrückt: $\mathfrak{M}_1 A_{s2} \beta_d$ und $\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3} \alpha_d$.

Achtblütige Infloreszenzen.

XIV. Wie bei den nächstfolgenden sieben Blütenständen sind auch hier nur jeweils die beiden Tertianblüten entwickelt, die beiden Tertianvorblätter aber stets steril.

In Fig. 10 ist das Diagramm eines Blütenstandes dargestellt, in welchem sämtliche Vorblätter zur Entwicklung gelangt sind. Die Vorblattorientierung weist bei der Linksspirale nichts Besonderes auf, die α-Vorblätter der Primanblüten fallen somit nach rechts. Die Aufblühfolge ließ sich nicht mehr genau feststellen und ich beschränkte mich auf die Notiz, daß je einige Priman-, Sekundan- und Tertianblüten sich noch im Knospenzustande befanden, nämlich $\mathfrak{R}_1$, $\mathfrak{R}_1 A_{d2}$ und $\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3}$.

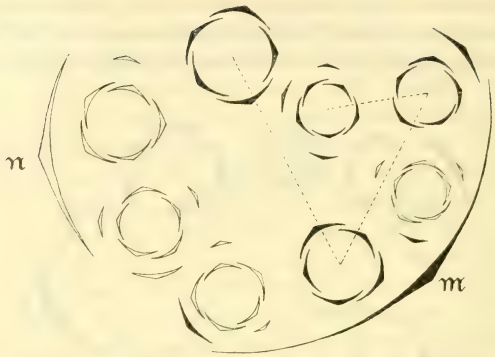


Fig. 10. Diagramm eines Blütenstandes. Die Elemente des Hauptsympodiums sind stark ausgezogen.

XV. Genau den nämlichen Bau zeigt der folgende Blütenstand, der indessen, wie die folgende Tabelle zeigt, eine andere Aufblühfolge aufweist.

	T	I	II	III
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	-	—
2.	T	—	—	—
3.	—	$\mathfrak{N}_1$	—	—
4.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{s2}$	—
5.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2}$	—
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3}$
7.	—	—	$\mathfrak{N}_1 A_{d2}$	—
8.	—		-	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3}$

XVI. Die Abweichungen von voriger Infloreszenz beschränken sich auf die Aufblühfolge. Vor allem fällt hier die Verspätung der Terminalblüte auf.

	T	I	II	III
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{S2}$	—
3.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2}$	—
4.	—	$\mathfrak{N}_1$	—	—
5.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3}$
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{S3}$
7.	—	—	$\mathfrak{N}_1 A_{d2}$	—
8.	T	—	—	—

XVII. Die Infloreszenz ist in ihrem Aufbau den drei vorhergehenden vollkommen gleich, unterscheidet sich aber durch die in der untenstehenden Tabelle niedergelegte Aufblühfolge, die indessen hier durch das frühzeitige Zugrundegehen von $\mathfrak{N}_1$ beeinflußt ist.

	T	I	II	III
1.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{S2}$	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2}$	—
3.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
4.	—	—	—	—
5.	—	—	$\mathfrak{N}_1 A_{d2}$	—
6.	—		—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{S3}$
7.	T	—	—	—
		($\mathfrak{N}_1$ ist frühzeitig zu Grunde gegangen)		

XVIII den vorigen Infloreszenzen im Aufbau völlig gleich, Vorblätter sind keine unterdrückt; über die Aufblühfolge war nichts Sicheres mehr zu ermitteln.

XIX. Der Blütenstand ist den fünf vorausgehenden spiegelbildlich vollkommen gleich aufgebaut, somit sind keine Vorblätter unterdrückt. Über die Aufblühfolge orientiert die unten

mitgeteilte Tabelle. Auffallend ist, daß sich hier zuerst eine dem Hauptsympodium gar nicht angehörende Blüte öffnet, daß darauf $\mathfrak{R}$ folgt und der Terminalblüte sowie der unteren dem Hauptsympodium angehörenden Primanblüte eine Tertianblüte vorangeht.

	T	I	II	III
1.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—
2.		$\mathfrak{R}_1$		—
3.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—
4.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$
5.	T	—	—	—
6.	—	$\mathfrak{M}_1$	- -	—
7.	—	—	$\mathfrak{R}_1 A_{s2}$	—
8.	-	-		$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$

XX unterscheidet sich von XIX nur durch das Fehlen eines Tertianvorblattes, nämlich von $\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3} \alpha_d$.

XXI unterscheidet sich durch das Fehlen zweier Tertianvorblätter, und zwar ist das nämliche wie bei XX unterdrückt und außerdem $\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} \alpha_s$.

c) Das Achselprodukt aus II ist nur mehr einblütig.

Neunblütige Infloreszenzen.

XXII. Der Habitus dieses Blütenstandes ist bereits oben in Fig. 2, p. 57, mitgeteilt, das Diagramm in Fig. 3, p. 59. Die Aufblühfolge erläutert die nachstehende Tabelle. Mit Ausnahme des wie fast immer verspäteten Aufblühens der Terminalblüte ist eine gewisse Regelmäßigkeit nicht zu verkennen.

Nur ein einziges Vorblatt ist hier unterdrückt, nämlich $\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4} \alpha_d$.

	T	I	II	III	IV
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—	—
3.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—	—
4.	T	—	—	—	—
5.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—	—
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$	—
7.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$	—
8.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} A_{s4}$
9.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4}$

XXIII wie XXII und XXIV rechtsläufig, die Orientierung der α-Primanvorblätter die gewohnte. Ein Quartanvorblatt fehlt: $\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4} \alpha_d$.

XXIV. Ein Blütenstand, dessen sämtliche Vorblätter entwickelt sind, im Aufbau dem vorigen völlig gleich. Die Aufblühfolge ist in der untenstehenden Tabelle mitgeteilt, die sich durch

	T	I	II	III	IV
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—	—
2.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—	—
3.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—	—
4.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—	—
5.	T	—	—	—	—
6.		—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$	—
7.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$	—
8.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} A_{s4}$
9.	—	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} B_{d4}$

eine verhältnismäßig große und jedenfalls ungewohnte Regelmäßigkeit auszeichnet. Akropetale Entwicklung der Primanblüten, Verspätung der Terminalblüte in der Weise, wie wir

das von so vielen Pleiochasien gewohnt sind; dann folgen die weiteren Blüten, strenge nach der Sproßgeneration geordnet.

XXV. Diese wie die nächstfolgende Infloreszenz sind in ihrem Aufbau den Nummern XXII bis XIV spiegelbildlich gleich. Unterdrückt ist hier ein Tertian- und zwei Quartanvorblätter, nämlich $\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3} \alpha_s$, dann $\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3} B_{s4} \alpha_s$ und $\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3} A_{d4} \beta_s$.

XXVI. Blütenstand mit sämtlichen Vorblättern, dessen Aufblühfolge nicht ermittelt werden konnte. Bemerkenswert ist eine Anomalie in der Krone, deren Deutung übrigens im Sinne der Ontogenie keinerlei Schwierigkeiten begegnet. Die rechtskonvolutive Deckung erfährt dadurch eine Störung, daß in der fraglichen Sekundanblüte, nämlich in $\mathfrak{M}_1 B_{s2}$ das median nach vorn fallende Kronblatt ganz außen liegt, das links anschließende somit ganz innen, wie aus nebenstehendem Diagramm ersichtlich. Das ist, nebenbei bemerkt, die einzige zur Beobachtung gelangte Anomalie, die sich auf die Art der Krondeckung bezieht; in den anderen beiden Fällen handelte es sich um eine bereits im Kelch ausgeprägte Tetramerie, beziehungsweise Hexamerie.

Fig. 11. Anomale Krondeckung bei $\mathfrak{M}_1 B_{s2}$ in Fall XXVI. Näheres im Text.

Achtblütige Infloreszenz.

XXVII. Denkt man sich in einem wie XXIV gebauten Blütenstande die dem Hauptsympodium angehörende Quartanblüte unterdrückt, so erhält man das in Fig. 11 dargestellte Diagramm. Die Unterdrückung der A-Quartanblüte mag ihren Grund vielleicht in einer zentrifugalen Entwicklung der konsekutiven Partialinfloreszenzen haben, ein Punkt, auf den bereits oben hingewiesen wurde. Von irgend welcher Bedeutung in Sinne dieser Weise scheint sich diese Anomalie am ungezwungensten zu erklären.

Siebenblütige Infloreszenzen.

Von den 50 untersuchten Blütenständen zeigen nicht weniger als 20, d. h. also 40%, folgende Zusammensetzung:

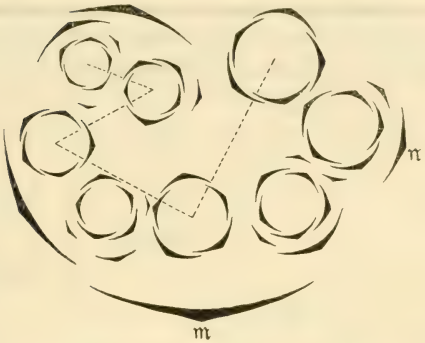


Fig. 12. Diagramm eines Blütenstandes mit anomalem Ausgang des Sympodiums. Näheres im Text.

Terminalblüte, einfaches Achselprodukt aus n, bis zur Tertianblüte entwickeltes Schraubelsympodium ohne Unterdrückung der o-Achselprodukte. Dieser an unserem Exemplare häufigste Typus wird repräsentiert durch

XXVIII, der wie die 11 folgenden, also XXXIX inklusive, mit linksläufiger Terminalblüte abschließt. Mit einer einzigen

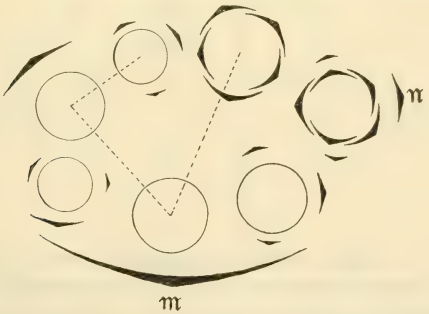


Fig. 13. Diagramm der Blütenstände zu Nr. XXVIII bis XXXVII. Näheres im Text.

Ausnahme (XXXVIII) zeigen die Primanblüten dieser Gruppe die gewohnte Orientierung. Über den Stand der Entwicklung der einzelnen Blüten orientiert nachstehende Tabelle.

	T	I	II	III
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—
3.	T	—	—	—
4.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$
5.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$
7.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—

XXIX weist genau den nämlichen Bau auf, auch hier sind keine Vorblätter unterdrückt. Wie die unten mitgeteilte Tabelle ausweist, öffnet sich zuletzt die Terminalblüte.

	T	I	II	III
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
2.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—
3.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—
4.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
5.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$
7.	T	—	—	—

XXX bis XXXIV sind ebenso gebaute Infloreszenzen, die gar nichts Bemerkenswertes bieten. Die Aufblühfolge konnte nicht festgestellt werden, dafür aber das Vorhandensein sämtlicher Brakteen.

XXXV unterscheidet sich von den vorhergehenden durch das Fehlen von $\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3} \alpha_d$.

XXXVI. In diesem Blütenstand fehlt das nämliche Tertianvorblatt, außerdem noch $\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3} \beta_d$.

XXXVII. Die Vorblätter waren teilweise zerstört, doch ließ sich bezüglich der Aufblühfolge einiges feststellen; in der nachstehenden Tabelle sind die in gleichem Stadium befindlichen Blüten durch Klammern verbunden.

	T	I	II	III
1. 2.	T	$\mathfrak{M}_1$	–	—
3. 4. 5.		$\mathfrak{N}_1$	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$, $\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—
6.	—	—	-	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$
7.	—	—	-	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$

XXXVIII. Der in Fig. 14 dargestellte Blütenstand zeichnet sich durch eine Orientierungsanomalie von $\mathfrak{N}$ aus, indem es der koordinierten Primanblüte antidrom ist.

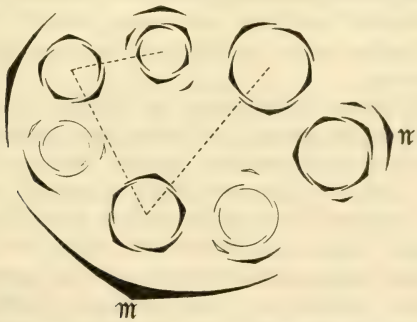


Fig. 14. Diagramm eines Blütenstandes mit ungewohnter Orientierung von $\mathfrak{N}_1$.

XXXIX. Unvollständig erhaltener Blütenstand, über dessen Vorblattverhältnisse und Aufblühfolge sich nichts ermitteln ließ.

XL wie die sieben folgenden Infloreszenzen, also bis XLVII inklusive, sind den elf vorhergehenden bezüglich des

Aufbaues spiegelbildlich gleich. Davon besitzen XL bis XLIV sämtliche Vorblätter, entsprechen somit den Nummern XXX bis XXXIV, abgesehen von der Orientierung der Primanblüten, die auch hier in allen Fällen gleich ist.

XLV. Bezüglich eines Blütenstandes dieser Gruppe ließ sich die Aufblühfolge teilweise feststellen; die Klammer deutet an, daß die Terminalblüte sowie die beiden Sekundanblüten

	T	I	II	III
1.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
2. 3. 4.	T	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2}$, $\mathfrak{M}_1 B_{s2}$	—
5.		—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3}$
6.	—		—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3}$
7.		$\mathfrak{M}_1$		—

sich in gleichem Entwicklungsstadium befinden. Damit ist selbstverständlich durchaus nicht gesagt, daß ihr Wachstum parallel fortschreitet und sie sich somit auch zu gleicher Zeit öffnen werden.

XLVI. Dieser Blütenstand ist XXXIX spiegelbildlich gleich, auch im übrigen gilt für ihn das dort Mitgeteilte.

XLVII. Eine Infloreszenz, in der sämtliche Vorblätter vorhanden sind, ist im Diagramm Fig. 14 dargestellt, in welchem sofort die hexamere Terminalblüte auffällt. Dieses Vorkommnis kann als eine Variante aufgefaßt werden, wie sie die Teratologie zahlreich registriert, indessen scheint mir eine andere Deutung wenn nicht geboten, so zum mindesten zulässig, deren Wahrscheinlichkeit durch die sub XLVIII bis L mitzuteilenden Fälle gewinnt. Danach würden wir ein unterbrochenes Pleiochasium vor uns haben, dessen oberstes eines Achselproduktes entbehrendes Blatt in den Kelch der Terminalblüte eingetreten wäre; wie ein Blick auf das Diagramm lehrt, haben wir für diesen Blütenstand auf Grund der oben niedergelegten

Beobachtungen eine rechtsläufige Spirale anzunehmen, die ihre Fortsetzung in dem gegen die dem Hauptsympodium angehörige Sekundanblüte gerichteten Kelchblatt hat; damit wäre das ganz innen liegende, links anschließende Sepalum mit 2 zu

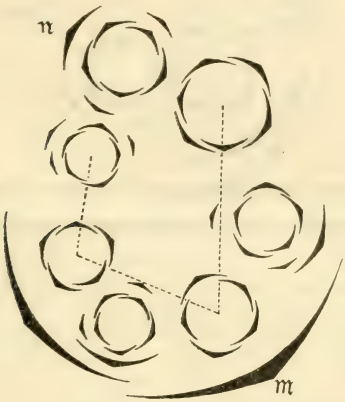


Fig. 15. Diagramm eines Blütenstandes. Näheres im Text.

numerieren; die notwendig werdende Annahme einer Metatopie, indem nämlich der rechte Rand von Sepalum 4 frei liegt, scheint mir kein wesentliches Hindernis, zumal in der Familie Kelche mit wenig ausgesprochener Deckung so häufig sind und in der so überaus konstanten konvolutiven Deckung ja auch eine Anomalie beobachtet wurde (cf. oben XXVI).

d) Das Achselprodukt aus n ist unterdrückt.

XLVIII. Die Reduktion des n-Achselproduktes ist noch weiter fortgeschritten. Ein Blütenstand dieser Art mit gewohnter Orientierung der Primanblüte ist im Diagramm Fig. 16 dargestellt; über die Aufblühfolge orientiert die hier mitgeteilte Tabelle. Ausnahmsweise öffnet sich hier einmal zuerst die Terminalblüte. Sämtliche Vorblätter sind vorhanden.

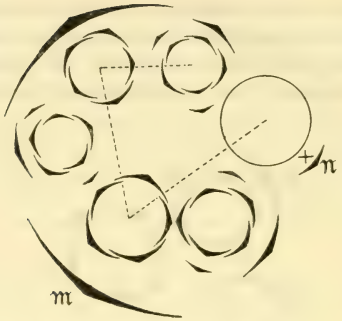


Fig. 16. Diagramm eines unterbrochenen Dichasiums. Näheres im Text.

	T	I	II	III
1.	T	—	—	—
2.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
3.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2}$	—
4.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{d2}$	—
5.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} A_{s3}$
6.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{s2} B_{d3}$

XLIX. Einen Blütenstand von ganz dem gleichen Bau zeigt die in der untenstehenden Tabelle mitgeteilte Aufblühfolge. Auch hier sind alle Vorblätter entwickelt.

	T	I	II	III
1.	T	—	—	—
2.	—	$\mathfrak{M}_1$	—	—
3.	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2}$	—
4.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} A_{d3}$
5.	—	—	—	$\mathfrak{M}_1 A_{d2} B_{s3}$
6.	—	—	$\mathfrak{M}_1 B_{s2}$	—

L. Das Diagramm eines fünfblütigen Blütenstandes, des schwächsten, der mir bisher untergekommen ist, stellt Fig. 17 dar; im Hauptsympodium wird hier nur die Sekundanblüte

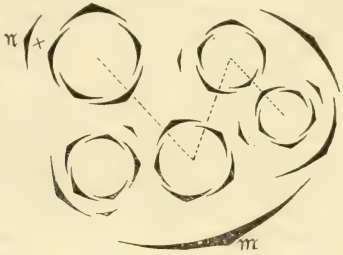


Fig. 17. Diagramm eines Blütenstandes mit anomalem Ausgang des Sympodiums.

erreicht, dann ändert sich die Richtung, indem ein b-Achselprodukt sich entwickelt, ein Fall, der schon oben bezüglich einer Quartanblüte erörtert worden ist.

Überblickt man nun die oben geschilderten Verhältnisse, so finden wir hinsichtlich der Zusammensetzung der ganzen Cyma, daß die Partialinfloreszenzen der ersten Ordnung eine zentrifugal gesteigerte Zusammensetzung aufweisen; was ihre Anzahl anbelangt, so sind im höchsten Falle deren drei beobachtet (I), doch weitaus überwiegend sind die Fälle, wo in den Achseln von zwei Brakteen sich Partialinfloreszenzen bilden (II bis XLVII); geht die Reduktion der obersten Partialinfloreszenz bis auf Null, so erhält man die sub Nummer XLVII bis L dargestellten Fälle.

Die aus dem oberen, mit π bezeichneten Blatte hervorgehenden Partialinfloreszenzen erster Ordnung stellen entweder dreiblütige Dichasien dar (II) oder zweiblütige Aggregate, die wiederum in zwei verschiedenen Formen auftreten können: weitaus die häufigste ist ein unterbrochenes Monochasium, nämlich ein zweiblütiges Schraubelsympodium (VI bis X, XIII bis XXI). Bisweilen kommt es vor, daß die zweiblütige Gruppe

durch Fertilität des β-Vorblattes entsteht (XI, XII), ein Fall, der zu ähnlichen Überlegungen Veranlassung gibt, wie sie schon oben bei Besprechung unterdrückter α-Tertian-, beziehungsweise Quartanachselprodukte geäußert wurden. In sämtlichen übrigen Fällen mit Ausnahme von XLVIII bis L ist das Achselprodukt aus π eine Blüte mit sterilen Vorblättern.

Die aus der untersten, mit μ bezeichneten Braktee axilläre Partialinfloreszenz erster Ordnung stellt normaliter ein Schraubelsympodium dar, das im höchsten Falle bis zu den beiden Quartanblüten entwickelt, somit siebenblütig ist (II, VI bis IX, XXII bis XXVI). Nur ein einziges α-Quartanachselprodukt ist vorhanden in III und X, so daß die Partialinfloreszenz sechsblütig wird; dieselbe Zahl wird durch Entwicklung der koordinierten β-Blüte erreicht: XI und XII. Am häufigsten ist der Abschluß durch die beiden Tertianblüten, also ein fünfblütiger Teilblütenstand (IV, V, XIV bis XXI, XXVIII bis XXXVII). Auf ein dreiblütiges Dichasium ist $\mathfrak{M}$ reduziert bei der Entwicklung eines Achselproduktes aus υ in Fall I. Auf das Verhalten der Fälle XXVII und L, wo die Tertianblüte sich aus β entwickelt, wurde schon hingewiesen, ebenso auf die Bedeutung eines in XIII auftretenden γ-Achselproduktes in Gestalt einer Sekundanblüte mit sterilen Vorblättern.

Was die Unterdrückung der Vorblätter anbelangt, so kann der Übersichtlichkeit halber bei der annähernd gleichen Häufigkeit rechts- und linksläufiger Terminalblüten von den Richtungsindizes abgesehen werden, wie das in untenstehender Tabelle geschehen ist. In 31 Fällen waren sämtliche Vorblätter vorhanden, vier Exemplare waren zu mangelhaft erhalten (XXXVII, XXXIX, XLV und XLVI), bei den übrigen waren bis zu sechs Vorblätter unterdrückt. Über die Verteilung der nicht zur Entwicklung gelangten Vorblätter gibt die untenstehende Tabelle Aufschluß. Unterdrückt sind

in 2 Fällen das Sekundanvorblatt $\mathfrak{M}_1 B_2 \alpha$ (XI und XII),
» 2 » » » $\mathfrak{M}_1 B_2 \alpha$ (XI und XII),
» 1 Falle » » $\mathfrak{M}_1 A_2 \beta$ (XIII),
» 9 Fällen » Tertianvorblatt $\mathfrak{M}_1 A_2 B_3 \alpha$ (IX, XI, XII, XIII, XX, XXI, XXV, XXXV, XXXVI),

in 3 Fällen das Tertianvorblatt $\mathfrak{M}_1 A_2 A_3 \alpha$ (XI, XII, XXI),
» 2 » » » $\mathfrak{M}_1 A_2 B_3 \beta$ (IX, XXXVI),
» 6 » » Quartanvorblatt $\mathfrak{M}_1 A_2 A_3 B_4 \alpha$ (VII, VIII, IX, XXII, XXIII, XXV),
» 4 Fällen das Quartanvorblatt $\mathfrak{M}_1 A_2 A_3 A_4 \beta$ (III, IX, XII, XXV),
» 2 » » » $\mathfrak{M}_1 A_2 A_3 A_4 \alpha$ (IX, XII),
» 2 » » » $\mathfrak{M}_1 A_2 A_3 B_4 \beta$ (VIII, IX).

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß gerade in auffallend großer, von vornherein gewiß unerwarteter Zahl die α-Vorblätter der höheren Sproßgenerationen beteiligt sind. Wiederholt finden wir, daß beide Vorblätter einer Blüte unterdrückt sind, so

IX: $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} B_{d\,3} \alpha_s$ und $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} B_{d\,3} \beta_d$,
VIII: $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} B_{d\,4} \alpha_d$ » $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} B_{d\,4} \beta_s$,
IX: $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} B_{d\,4} \alpha_d$ » $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} B_{d\,4} \beta_s$,
IX: $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} A_{s\,4} \alpha_s$ » $\mathfrak{M}_1 A_{s\,2} A_{s\,3} A_{s\,4} \beta_d$,
XII: $\mathfrak{M}_1 A_{d\,2} A_{d\,3} A_{d\,4} \alpha_d$ » $\mathfrak{M}_1 A_{d\,2} A_{d\,3} A_{d\,4} \beta_s$.

Daß gerade eine bestimmte Tendenz zum Schwinden hier zum Ausdruck käme, ist wohl kaum zu behaupten, die Sache erregt vielmehr den Anschein, als ob bei diesen Unterdrückungen mechanische Momente mitsprächen, daß die jungen Anlagen mit anderen Worten in vielen Fällen zwischen den kräftig emporwachsenden Blütenknospen erdrückt, in ihrer Ernährung gestört werden; darüber werden vielleicht die ontogenetischen Untersuchungen Aufschluß geben können.

Die quantitative Verteilung der Vorblattdefekte ist aus der Tabelle auf p. 84 ersichtlich.

Inwieferne bei den anderen Arten Vorblätter ausgebildet sind, das entzieht sich jeder Beurteilung; wie oben mitgeteilt, sind bei einigen Arten solche erwähnt, beziehungsweise abgebildet, nirgends aber bestimmt. Über das Verhältnis der einzelnen Arten zueinander ist, solange diese Eigentümlichkeiten nicht auf Grund eines reichlichen Materiales studiert sind, überhaupt so gut wie nichts zu äußern; was die dreiblütigen Arten anbelangt, so stellen diese gewiß sehr abgeleitete Formen dar; doch ist es auch bezüglich ihrer nichts weniger als entschieden, ob es sich um dreiblütige Dichasien oder um eben-

	I	III	VII	VIII	IX	XI	XII	XIII	XX	XXI	XXII	XXIII	XXV	XXXV	XXXVI	
1 α-Sekundanvorblatt .	—	—	—	—	—	XI	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	6 Sekundan-vorblätter
1 β-Sekundanvorblatt .	I	—	—	—	—	—	—	XIII	—	—	—	—	—	—	—	
1 α-Tertianvorblatt . . .	—	—	—	—	IX	—	—	XIII	XX	—	—	—	XXV	XXXV	XXXVI	14 Tertian-vorblätter
2 α-Tertianvorblätter . .	—	—	—	—	—	XI	XII	—	—	XXI	—	—	—	—	—	
1 β-Tertianvorblatt . . .	—	—	—	—	IX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	XXXVI	
1 α-Quartanvorblatt . .	—	—	VII	V II	—	—	XII	—	—	—	XXII	XXIII	XXV	—	—	14 Quartan-vorblätter
2 α-Quartanvorblätter .	—	—	—	—	IX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1 β-Quartanvorblatt . . .	—	III	—	VIII	—	—	XII	—	—	—	—	—	XXV	—	—	
2 β-Quartanvorblätter .	—	—	—	—	IX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

solche Schraubelsympodien handelt, die eben bei den fraglichen madagassischen Spezies zu dieser konstanten Zahl gelangt sind. Höchstwahrscheinlich finden wir bei den anderen vielblütigen Arten ähnliche Verhältnisse wie bei der unsrigen; das Auftreten von Schraubelsympodien in der Achsel des untersten und vielleicht auch zweituntersten Blattes möchte ich geradezu als sicher bezeichnen; ob wir Momenten begegnen werden, die sich wie die Entwicklung eines γ-Achselproduktes im Sinne eines Atavismus deuten lassen, ob dergleichen bei anderen Arten häufiger vorkommt, das wird sich bei der großen Seltenheit des Materiales noch lange der Beurteilung entziehen. So viel ist immerhin als festgestellt anzunehmen, daß unsere bezüglich der erreichbaren Sproßgeneration in Gestalt von Quartanblüten so fixierte Art schon eine recht abgeleitete Form darstellt, die von anderen abstammt, deren Partialinfloreszenzen erster Ordnung in größerer Zahl vorhanden oder doch, wenigstens was die unteren anbelangt, selbst wieder pleiochasial verzweigt waren. Dabei ist die Möglichkeit gar nicht von der Hand zu weisen, daß die Häufigkeit des einfachen Achselproduktes aus II und die immerhin 6% erreichende Unterdrückung dieses Sprosses auf eine noch fortschreitende Verarmung dieser Art hinweist, deren Effekt dann das konstante Auftreten unterbrochener Monochasien wäre. Das mit gelegentlicher Ausnahme der höchsten Sproßgeneration konstante Auftreten eines einfachen β-Achselproduktes ist noch mit Bestimmtheit als ein in seiner Vorblattsterilität schon modifizierter alter Charakter anzusehen. Im übrigen ist große Vorsicht in der Beurteilung solcher Verhältnisse geboten, um so mehr als unsere Kenntnisse der einschlägigen Punkte in dieser Familie noch außerordentlich dürftige sind.

Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode)

von

Hans Molisch,

k. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 110 der 2. Folge.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Februar 1908.)

I. Einleitung.

Die Bemühungen der Forscher und Gärtner, die Ruheperioden der Pflanzen abzukürzen, beanspruchen sowohl wissenschaftliches als auch praktisches Interesse. Lange bevor sich die Wissenschaft der Sache eifriger annahm, haben die Gärtner auf Grund ihrer Erfahrungen gelernt, durch Gefrierenlassen, durch langsamen Wasserentzug die Ruheperioden abzukürzen oder zu verschieben, durch künstliche Auslese und durch geschickte Kreuzung frühblühende Rassen und sogenannte Treibsorten heranzuzüchten.

Hermann Müller-Thurgau[1] hat uns durch ein schönes Experiment gelehrt, wie man bei eben geernteten Kartoffeln dadurch, daß man sie einige Zeit bei niederer Temperatur knapp über dem Eispunkt hält, die Ruheperiode sozusagen auslöschen kann, so daß sie dann gleich zu treiben beginnen. Und Johannsen[2] überraschte uns mit der auch für die Praxis so wichtig gewordenen Tatsache, daß man durch 24- bis 48stündige

[1] H. Müller-Thurgau, Beitrag zur Erklärung der Ruheperioden der Pflanzen. Landw. Jahrbücher 1885, Bd. XIV, p. 851 bis 907.

[2] W. Johannsen, Das Ätherverfahren beim Frühtreiben etc. Jena 1900, 1. Aufl.

Behandlung gewisser Pflanzen (Flieder, Weiden etc.) mit Ätherdampf die Ruheperiode abzukürzen und so verschiedene Gewächse zu ganz ungewohnten Zeiten zu treiben vermag.

Eine Übersicht über unsere Kenntnisse der Ruheperioden und über ihre Beeinflussung durch äußere Faktoren gab Pfeffer in seiner Pflanzenphysiologie[1].

In neuester Zeit hat Bos[2] zu zeigen versucht, daß auch galvanische Ströme stimulierend auf ruhende Pflanzen wirken und die Ruheperioden abzukürzen vermögen.

Auf einige andere neuere Arbeiten, die sich mit der Abkürzung der Ruheperioden abgeben, werde ich im Verlauf meiner Ausführungen noch zu sprechen kommen.

Als ich im Dezember 1906 in Brünn weilte, machte mich mein Bruder Ferdinand, als ich seine ausgedehnte Gärtnerei besichtigte, auf ein ganz neues Verfahren der Fliedertreiberei aufmerksam, das an Einfachheit wenig zu wünschen übrig läßt und von dessen Zweckmäßigkeit ich mich gleich an Ort und Stelle durch den Augenschein überzeugen konnte. Die Methode besteht im wesentlichen darin, daß man die eingetopften und für die Treiberei vorbereiteten Fliedersträucher durch mehrere Stunden (10 bis 15) mit der Krone in warmes Wasser von 30 bis 36° C. einstellt, so daß der Blumentopf mit dem Wurzelballen in die Luft ragt, und nachher wie andere zu treibende Stöcke behandelt. Ich konnte mich auch gleich von der außerordentlichen Wirksamkeit der erwähnten Prozeduren überzeugen, alle gebadeten Stöcke ließen sich willig treiben, während dies bei den nicht gebadeten Stöcken in viel geringerem Grade der Fall war. Die zu treibenden Pflanzen kommen dann nach dem Bade in einen Treibkeller oder einen finstern Kasten, dessen Luft mit Wasserdampf gesättigt ist und eine Temperatur von etwa 25° C. aufweist. Nach ungefähr 2 bis 3 Wochen stellt man die Pflanzen, deren Blütenrispen und Laubknospen sich inzwischen ansehnlich entwickelt haben, in das Gewächshaus ans Licht, wo sie ergrünen und ihre Blüten in ihrer natürlichen Farbe entwickeln. Treibsorten von Flieder, die etwa Mitte November

[1] W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Bd., 2. Aufl., p. 264.

[2] H. Bos, Wirkung galvanischer Ströme auf Pflanzen in der Ruheperiode. Biolog. Zentralbl. 1907, p. 673.

der Warmwassermethode unterworfen und dann getrieben wurden, gelangten etwa knapp vor Weihnachten zur Blüte, und zwar unter den geschilderten Verhältnissen durchschnittlich um 10 Tage früher als nicht so behandelte. Das bedeutet für den Gärtner in unserem Klima eine große Ersparnis an Heizmaterial.

Mein Bruder machte mich auch aufmerksam, daß dieses Verfahren, welches ich der Kürze halber als »Warmwassermethode« bezeichnen werde, in Deutschland schon an einzelnen Orten praktisch verwertet wird und daß sich darüber in der gärtnerischen Literatur auch schon einige Berichte vorfinden, die der geschilderten Methode übereinstimmend das Wort reden.

So berichtet Ph. Paulig[1], daß er in Rußland durch die Firma Johann Daugull-Dorpat das Warmwasserverfahren in seiner Anwendung auf *Convallaria* kennen gelernt habe. Als er *Convallaria*-Keime, die für Frühtreiberei bestimmt waren, durch 12 bis 16 Stunden im Wasser von 35° C. liegen ließ und dann in der Treiberei in gewöhnlicher Weise bei 30 bis 32·5° weiter kultivierte, kamen sie um 4 bis 5 Tage früher zur Blüte als nicht gebadete.

A. Hoffmann[2] wendete im Anschluß an Paulig das Verfahren auf Flieder an. Er tauchte am 13. November Fliederstöcke mit den Kronen in ein Wasserbassin, das durch Heizrohre auf einer Temperatur von 26 bis 31·2° C. gehalten wurde und beließ sie 8 bis 20 Stunden darin. Die gebadeten Knospen waren bei weiterer Kultur im finsteren Raume von 25 bis 30° C. schon nach 4 bis 5 Tagen so weit ausgetrieben, wie man dies in der Regel erst Ende Dezember gewöhnt ist. Die Treibsorte *Charles X.* stand, wenn in der angedeuteten Weise behandelt, schon am 1. Dezember in Blüte.

Auch Garteninspektor F. Ledien[3] erwähnt, daß er besonders bei der Sorte *Marie Legraye* durch 10stündiges Eintauchen in Wasser von + 30° C. sehr gute Erfolge erzielte. Die Pflanzen

---

[1] Möller's Deutsche Gärtnerzeitung 1905, p. 1.

[2] Ebenda, 1906, p. 102.

[3] Ebenda, 1907, p. 29, vergl. auch Löbner M. in »Die Gartenwelt« 1907, p. 129 und 1908, p. 205.

standen in 3 Wochen in voller Blüte. Mit *Charles X.* erhielt er nicht so gute Resultate, dagegen Hofgärtner Klein ausgezeichnete.

Da die Versuche der Gärtner nur auf den praktischen Erfolg losarbeiten und diese Art des Frühtreibens von wissenschaftlicher Seite noch nicht bearbeitet wurde, so habe ich mich besonders im letzten Herbst und Winter eingehend damit beschäftigt und will nun die Ergebnisse, zu denen ich bisher gelangt bin, hier mitteilen.

Die meisten Versuche wurden mit Zweigen zahlreicher Holzgewächse, einzelne auch mit bewurzelten Topfpflanzen *(Syringa* und *Azalea)* und mit *Convallaria*-Keimen ausgeführt. Die Zweige wurden in einer Länge von 20 bis 60 *cm* von Sträuchern und Bäumen, die sich im Versuchsgarten des pflanzenphysiologischen Institutes der k. k. deutschen Universität Prag befanden, abgeschnitten und gleich darauf durch verschieden lange Zeit, gewöhnlich aber durch 9 Stunden, in warmes Wasser von verschiedener Temperatur (25 bis 40° C.), zumeist von 30° ganz untergetaucht. Hierauf wurden die Zweige aus dem Warmbad herausgenommen, mit ihrer Basis in Wassergläser eingestellt und dann in einem Warmhaus, dessen Temperatur in der Regel zwischen 15 bis 18° C. schwankte, weiter kultiviert. Anfangs wurden die Zweige mit Zinnstürzen bedeckt, also finster kultiviert. Da ich jedoch nach und nach sah, daß die Finsternis die Ruheperiode in der Regel gleichfalls in gewissem Grade abkürzt und die Unterschiede zwischen den gebadeten und nichtgebadeten Pflanzen weniger scharf wurden, so stellte ich bei den späteren Experimenten die Zweige nach dem Bade ans Licht. Dadurch tritt der Einfluß des Warmwasserverfahrens viel schärfer hervor.

Das Warmbad beeinflußt nicht alle ruhenden Zweigarten. Auf manche wirkt es gar nicht, auf manche mäßig, auf viele ausgezeichnet, auf manche wirkt es zur Zeit der tiefen Knospenruhe nicht, später aber sehr gut. Auch eignet sich nicht für alle Gewächse dieselbe Temperatur. Für die meisten gibt eine Temperatur von etwa 30° vorzügliche Resultate; für gewisse bleibt eine solche Temperatur wirkungslos und erst eine Temperatur von 35 bis 40° wirkt treibend. Noch höhere Tempera-

turen schädigen im allgemeinen. Auch darf das Warmbad nicht zu lange einwirken, mit einem 6- bis 15stündigen erzielt man gewöhnlich die besten Resultate.

Nach dem Warmbad die Zweige im Thermostaten des Laboratoriums weiter zu ziehen, hat sich nicht bewährt, weil die Luft selbst in einem gut durchlüfteten Thermostaten Spuren von Leuchtgas und anderen Verunreinigungen enthält, die auf das Wachstum störend einwirken[1].

Als Warmbad benütze ich für kleinere Zweige ein großes, mit Flußwasser gefülltes Glasgefäß, das sich im Thermostaten befand, für größere Zweige ein kubisches Warmhausbassin von 1 *m* Höhe, das durch Röhren einer Warmwasserheizung des Gewächshauses leicht auf der gewünschten Temperatur erhalten werden konnte. Die Angaben der Temperatur beziehen sich immer auf Celsiusgrade.

Ich habe Versuche mit vielen Hunderten von Zweigen vom Oktober bis Februar ausgeführt, fast jeder Versuch wurde wiederholt gemacht. Zur Veranschaulichung der Einwirkung des Warmbades seien folgende Experimente aus dem Versuchsprotokolle hervorgehoben.

II. Versuche.

1. Versuch.

Am 15. X. 1907. Drei Bündel von Zweigen (I bis III), von denen jedes je 4 Zweige von *Syringa vulgaris* und *Forsythia suspensa* enthielt, dienten dem Versuche.

I. Zweige wurden durch 9 Stunden in feuchter Luft von gewöhnlicher Zimmertemperatur (15 bis 18°) gehalten,

II. Zweige wurden durch 9 Stunden im Wasser von 15 bis 18° untergetaucht gehalten,

III. Zweige wurden durch 9 Stunden im Wasser von 32° untergetaucht gehalten,

hierauf im Gewächshause finster gestellt.

---

[1] Siehe darüber meine und O. Richter's Erfahrungen: Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Ber. der deutsch. bot. Ges. 1903, S. 180.

19. X. Die Knospen bei III am weitesten vor, die von II und I fast unverändert.

30. X. Dasselbe. Die Knospen von III noch weiter vorgerückt; die von II etwas, die von I fast gar nicht.

2. XI. Die *Forsythia*-Zweige beginnen bei III ihre Blüten zu öffnen.

7. XI. Bei III *Forsythia*-Zweige in voller Blüte, die *Syringa*-Knospen haben die Blütenrispen vollends herausgeschoben. Bei II geringes Treiben, bei I noch geringeres.

Ergebnis: Das Warmbad wirkte auf das Treiben sehr günstig, auch das Eintauchen in Wasser von gewöhnlicher Zimmertemperatur wirkte ein wenig stimulierend, aber unvergleichlich schwächer als das Warmbad.

Gleichzeitig wurde derselbe Versuch im Lichte gemacht Das Resultat war im wesentlichen dasselbe. Die *Syringa*-Knospen treiben im Herbste am Lichte etwas langsamer und bleiben später bei dem schwachen Tageslicht des Herbstes an wurzellosen Zweigen leicht »sitzen«.

Vergleichende Versuche mit warmgebadeten Zweigen von *Forsythia* und *Syringa* und solchen, die nach der Methode von Johannsen ätherisiert worden waren, zeigten, daß das Warmbad ebenso oder mindestens ebenso wirkt wie Äther.

2. Versuch

mit *Corylus Avellana* L. Am 19. XI. 1907 wurden 6 mit Kätzchen reich besetzte Zweige von etwa 60 *cm* Länge abgeschnitten, 3 davon wurden durch 12 Stunden in Leitungswasser von 25 bis 32° C. vollständig untergetaucht gehalten, während die 3 anderen innerhalb dieser Zeit bei Zimmertemperatur in Luft verblieben. Hierauf wurden alle in mit Wasser beschickten Gläsern im Warmhaus bei einer Temperatur von 15 bis 19° im Finstern aufgestellt.

Nach 8 Tagen zeigten sich die »Luftzweige« unverändert, die gebadeten Zweige aber hatten ihre Kätzchen durchschnittlich von 2·5 *cm* auf 5·5 bis 7 *cm* verlängert und stäubten in voller Blüte. In diesem Zustande wurden sie am 27. XI. photographiert. Tafel I, Fig. 1.

Bemerkenswert ist, daß das Warmbad vorläufig nur auf die männlichen Blütenkätzchen wirkte, nicht aber auf die weiblichen und auf die Laubknospen.

Bei später begonnenen Versuchen (6. XII.) zeigte sich in einzelnen Fällen das Warmbad auch auf die weiblichen Kätzchen wirksam. Hingegen war ein Einfluß des Warmbades auf die Laubknospen von Februar an zu bemerken. *Corylus* ist ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, daß die Treibfähigkeit verschiedener Sprosse an einer und derselben Pflanze wesentlich verschieden sein kann. Es darf dies nicht sehr überraschen, da ja auch unter natürlichen Verhältnissen die Kätzchen von *Corylus* viel früher austreiben als die Laubknospen. An analogen Beispielen fehlt es nicht, ich erinnere nur an die Herbstzeitlose, deren Blüten sich bekanntlich im Herbste und deren Blätter sich aber erst im Frühjahre entwickeln.

Am 14. XII. waren bei den gebadeten Zweigen die männlichen Kätzchen vollständig verstäubt und meistenteils abgefallen, während die nicht gebadeten unverändert erschienen oder sich erst zu strecken begannen. Die gebadeten Laubknospen waren noch Ende Jänner unverändert.

3. Versuch

mit *Forsythia suspensa*. Derselbe Versuch wie vorher. Beginn am 19. XI. 1907. Der Effekt war überraschend. Die Zweige, welche durch 12 Stunden im Wasserbade von 25 bis 32° C. untergetaucht waren, standen am 1. XII. in voller Blüte — siehe Tafel I, Fig. 2 — während die Kontrollzweige noch kein Austreiben zeigten. Diese kamen erst am 11. XII. zur Blüte.

4. Versuch

am 28. XI. 1907 mit Kätzchen tragenden Zweigen von *Alnus glutinosa*.

I. Zweige nicht gebadet,

II. Zweige durch 12 Stunden im Warmbad von 25 bis 30° C., sodann im Warmhaus bei 15 bis 18° C. aufgestellt.

Am 3. XII. beginnen die männlichen Kätzchen bei II bereits aufzureißen.

Am 6. XII. Kätzchen bei II schon um das Zwei- bis Dreifache der ursprünglichen Länge gestreckt und dem Stäuben nahe. Bei I Kätzchen ziemlich unverändert.

Am 19. XII. Bei II Kätzchen bereits verstäubt und abgefallen, die nicht gebadeten nunmehr in der Streckung begriffen.

Ergebnis. Der Einfluß des Warmbades auf die männlichen Kätzchen ist in die Augen springend. Auf die Laubknospen konnte hingegen bis zum 29. I. 1908 keine stimulierende Wirkung beobachtet werden.

5. Versuch

am 9. XI. 1907 mit Zweigen von *Forsythia suspensa, Syringa vulgaris, Prunus avium, Tilia parvifolia, Aesculus Hippocastanum, Ribes Grossularia, Cytisus Laburnum, Cornus mas, Cornus alba, Rhus cotinus, Rhus typhina, Populus alba, Carpinus Betulus, Vitis vinifera, Rhamnus Frangula, Lonicera Tatarica* und *Corylus Avellana*. Die Zweige waren 60 bis 80 *cm* lang. Sie wurden in 4 Bündel zusammengelegt. Das 1. wurde durch 12 Stunden in Wasser von 9°, das 2. in Wasser von 25 bis 30·6, das 3. in Wasser von 27 bis 42° untergetaucht und das 4. verblieb während dieser Zeit in Luft von 15 bis 18°. Hierauf wurden alle mit der Basis in Gläser eingestellt und ins Warmhaus gebracht, wo sie im Lichte bei einer Temperatur von 15 bis 18° verblieben.

Die Luftzweige und die Zweige, welche in Wasser von 9° eingetaucht waren, zeigten nach einem Monat keine Spur des Treibens.

Einfluß des Wassers von 25 bis 30·6°. Schon am 19. XI. war der Effekt deutlich bei *Syringa, Forsythia, Corylus* (Kätzchen) und *Prunus* zu sehen. Am 22. XI. begann auch *Ribes* zu treiben. Am 26. XI. öffneten sich schon die Blüten von *Forsythia*, die *Corylus*-Kätzchen waren bereits verstäubt. Am 3. XII. waren alle Blüten von *Forsythia* offen, viele sogar schon verblüht. Die Knospen von *Syringa* hatten im Maximum eine Länge von 1·5 *cm* erreicht und viele Knospen von *Ribes* hatten

ein Blatt vollkommen entfaltet, die Knospen von *Lonicera* zeigten den ersten Anfang eines schwachen Treibens.

Einfluß des Wassers von 27 bis 42°. An dem Aussehen der Knospen konnte man schon nach 2 Tagen ersehen, daß eine Wassertemperatur von 27 bis 42° auf einen Teil der Knospen schädlich einwirkt. So auch die von *Syringa, Forsythia, Prunus* und die Kätzchen von *Corylus*. Hingegen übte das Wasserbad einen überraschenden Einfluß auf *Cornus alba* und *Rhamnus Frangula*, es trieben schon nach 10 bis 13 Tagen die Laub- und Blütenknospen aus. Am 30. XI. hatten die *Cornus*-Laubtriebe eine maximale Länge von 4*cm* und entfaltete Blätter — siehe Tafel II, Fig. 5 — während die entsprechenden Zweige von *Cornus* und *Rhamnus* in den anderen Bündeln keine Anstalten machten, auszutreiben. Am 26. XI. war auch ein Treiben bei *Ribes* und den Endknospen von *Rhus typhina* zu bemerken.

Zusammenfassend möchte ich bemerken, daß sich zu der angegebenen Zeit innerhalb eines Monats ein sehr starker Einfluß des Warmbades zeigte auf *Corylus* (Kätzchen), *Forsythia, Syringa, Ribes, Cornus alba, Rhamnus*, ein mäßiger auf *Rhus typhina*, ein sehr schwacher auf *Lonicera Tatarica* und überhaupt keiner auf *Tilia parvifolia, Aesculus Hippocastanum, Cornus mas, Rhus Cotinus, Populus alba, Carpinus Betulus* und *Vitis vinifera*.

6. Versuch.

Das vorhergehende Experiment wurde 10 Tage später (19. XI.) mit verschiedenen Zweigen wiederholt, jedoch mit dem Unterschied, daß die Zweige im Finstern gehalten wurden und daß diesmal nur zwei Bündel von Zweigen miteinander verglichen wurden, wovon das eine am Beginn des Versuchs einem zwölfstündigen Wasserbad von 25 bis 32° C. ausgesetzt wurde, während das andere innerhalb dieser Zeit die Lufttemperatur des Warmhauses (15 bis 18°) genoß. Zur Verwendung kamen Zweige von *Corylus Avellana, Rhus typhina, Rhus Cotinus, Prunus avium, Ribes Grossularia, Robinia hispida, Acer Pseudoplatanus, Rhamnus Frangula, Vitis vinifera, Ampelopsis quinquefolia, Carpinus Betulus, Sambucus*

nigra, Populus alba, Lonicera Tatarica, Cytisus Laburnum, Betula alba, Aesculus Hippocastanum, Cornus alba, Salix Caprea, Rosa sp., *Berberis vulgaris, Rubus Idaeus* und *Syringa vulgaris.*

25. XI. Gebadete Zweige. *Corylus*-Kätzchen bedeutend verlängert, dem Stäuben nahe. *Prunus-, Salix-, Syringa-, Lonicera-* und *Ribes*-Knospen beginnen durchzubrechen.

Kontrollzweige unverändert.

29. XI. Gebadete Zweige. Wie vorher, nur weiter vorgeschritten. *Corylus*-Kätzchen stäuben noch.

Kontrollzweige unverändert.

5. XII. Gebadete Zweige. *Corylus* völlig verstäubt. Bei *Syringa* sehen die Blütenrispen aus den Knospen hervor. *Lonicera* hat einzelne 2 *cm* lange Knospen. Endkätzchen der Weide verblüht. *Ribes*-Knospen teilweise $1^1/_2$ *cm* lang. Kirschenknospen ziemlich groß. *Rhamnus*-Blütenknospen brechen hervor, Spuren eines Treibens bei *Rhus Cotinus* und *Sambucus.*

Kontrollzweige unverändert, nur bei *Syringa* und *Lonicera* einige wenige Knospen schwach treibend.

16. XII. Gebadete Zweige. *Syringa,* Blütenrispen aus den Knospen hervorgetreten. *Lonicera,* einzelne Triebe 5 bis 10 *cm* lang. *Salix* und *Ribes* wie oben am 5. XII. Kirschblütenknospen, einzelne dem Öffnen nahe. *Sambucus, Rhus Cotinus, Rhus typhina, Symphoricarpus, Rubus Idaeus, Vitis vinifera, Ampelopsis, Cornus alba* und *Ligustrum vulgare* beginnen zu treiben.

Kontrollzweige unverändert, nur bei *Rubus, Cornus* und *Syringa* schwaches Treiben.

Ergebnis. Innerhalb 27 Tagen zeigte sich die Einwirkung des Warmbades sehr deutlich bei *Syringa vulgaris, Corylus Avellana, Lonicera Tatarica, Salix Caprea, Ribes Grossularia, Prunus avium, Ligustrum vulgare,* schwach bei *Rhus typhina, Rhus Cotinus, Vitis vinifera, Ampelopsis quinquefolia* und *Rubus Idaeus.*

Kein Einfluß war innerhalb der angegebenen Zeit merkbar bei *Aesculus Hippocastanum, Acer Pseudoplatanus, Betula*

alba, Carpinus Betulus, Fagus silvatica, Cornus mas, Fraxinus excelsior, Juglans regia, Cytisus Laburnum, Populus alba, Rhamnus Frangula, Robinia Pseudacacia und *Tilia parvifolia.*

Wie bereits bemerkt wurde, wirkte auf *Cornus alba* in dem Versuche 5 ein zwölfstündiges Bad von 25 bis 30·6° nicht treibend auf die Winterknospen von *Cornus alba*, wohl aber ein solches von 27 bis 42° C. Bei vorgeschrittener Jahreszeit ist der Unterschied ein mehr gradueller, das heiße Bad wirkt auch stärker als das warme, aber das letztere ist nicht ohne Einfluß, ja die warm gebadeten Zweige können sogar die heißgebadeten im Verlaufe des Wachstums einholen, wie der folgende Versuch (7) zeigt. Später lernte ich in *Rhamnus Frangula, Betula alba* und einer Hängeform von *Salix Caprea* gleichfalls Pflanzen kennen, deren ruhende Knospen durch ein sehr warmes Bad aus ihrer Ruhe geweckt wurden (Versuche 7 und 8), durch ein mäßig warmes aber nicht oder nur in geringem Grade.

7. Versuch

am 30. XI. 1907 mit *Cornus alba* und *Rhamnus Frangula.* Drei Bündel (I bis III) Zweige, jedes Bündel enthält je fünf etwa 50 *cm* lange Sprosse der genannten Pflanzen.

I. Zweige wurden gleich ins Gewächshaus gestellt.
II. Zweige kamen zunächst 9 Stunden ins Warmwasserbad von 25 bis 30°.
III. Zweige kamen zunächst 9 Stunden ins Warmwasserbad von 30 bis 42°.

Sodann wurden alle Zweige im Warmhaus am Lichte bei 15 bis 18° C. weiter kultiviert.

14. XII. *Cornus,* Endknospen bei III beginnen zu treiben.

19. XII. *Cornus,* Endknospen bei III entfalten bereits Blätter.

Cornus. Endknospen bei II, einzelne Knospen treiben.

Cornus. Endknospen bei I unverändert.

Rhamnus. Endknospen bei III beginnen zu treiben.

23. XII. *Cornus.* Endknospen bei III, haben zahlreiche Blätter entfaltet, II und I noch weit zurück, bei I Beginn des Treibens, II ist aber I vor.

Rhamnus. Bei III treiben Laub- und Blütenknospen, II und I unverändert.

10. I. 1908. *Cornus.* II hat III fast eingeholt. Triebe bis 9 *cm* lang, bei III sind die Blütenknospen etwas geschädigt. Nun treiben auch die Zweige von I, sind aber gegenüber III und II zurück.

Rhamnus. Bei III Endknospen ausgetrieben, einzelne Blättchen entfaltet, Blütenknospen ziemlich entwickelt.

Bei II und I kein Treiben.

8. Versuch

am 16. XII. 1907 mit *Betula alba, Salix Caprea* var. *pendula, Aesculus Hippocastanum* und *Fraxinus excelsior,* Versuchsbedingungen wie vorher bei Versuch 7.

23. XII. Nur bei III einzelne Weidenknospen im Austreiben begriffen.

10. I. 1908. Bei I kein Treiben.

Bei II nur zwei Weidenknospen im Treiben.

Bei III, *Salix,* fast alle Knospen treiben, ein Kätzchen dem Aufblühen nahe.

Bei III, *Betula,* Laubknospen und weibliche Kätzchen treiben, Laubblättchen ziemlich entfaltet. Männliche Kätzchen im ersten Beginn der Streckung. Bei II und I noch kein Treiben.

16. I. Nun beginnen bei III auch die Knospen von *Aesculus* und *Fraxinus* zu treiben.

27. I.

III Alle Zweige treiben schön, haben ihre Knospen teilweise oder ganz entfaltet und sind am weitesten vor.

I Knospen beginnen erst zu wachsen.

II Zweige halten im Treiben die Mitte zwischen I und III.

Die photographierten *Aesculus*-Zweige, Fig. 6 auf Taf. II, geben von dem Einfluß des Warmbades die richtige Vorstellung.

Es war von vornherein wahrscheinlich, daß die Dauer des Warmbades für die Abkürzung der Ruheperiode von Bedeutung sein würde und daß eine gewisse Dauer einen optimalen Einfluß ausüben dürfte. Folgende Versuche (9 bis 11) geben für einige Pflanzen darüber Aufschluß.

9. Versuch

am 3. XII. 1907 mit *Corylus Avellana* über den Einfluß der verschieden langen Dauer des Warmbades auf das Treiben der männlichen Kätzchen. Sechs Zweige (I bis VI).

I wurde im Warmbad (30°) durch $^1/_2$ Minute belassen;
II » » » » » 1 Stunde »
III » » » » » 3 Stunden »
IV » » » » » 6 » »
V » » » » » 9 » »
VI wurde als Kontrollzweig nicht gebadet.

Am 12. XII. war das Ergebnis ganz klar. Am günstigsten wirkte — die Zweige befanden sich am Lichte im Warmhaus — auf das Austreiben der Kätzchen ein sechsstündiges Bad, dann in absteigender Folge das drei-, neun- und einstündige Bad, I und VI waren ziemlich unverändert, III, IV und V stäubten, IV hatte die längsten Kätzchen, annähernd gleich waren III und V, bei II begannen die Kätzchen sich eben zu strecken.

10. Versuch.

Ähnlich wie vorher, mit Zweigen von *Forsythia suspensa*, *Salix Caprea* und *Syringa vulgaris*. Sieben Zweigbündel (I bis VII), in jedem Zweige der genannten Pflanzen. Beginn am 25. XI. 1907.

I durch 1 Stunde
II » 3 Stunden
III » 6 »
IV » 9 »
V » 12 »
VI » 24 »
} im Warmbad von 30 bis 32° C.

VII wurde als Kontrollzweig nicht gebadet.

Am 12. XII. *Forsythia*. Am meisten vor und ungefähr gleich entwickelt II, III, IV und V, die Zweige standen in voller Blüte, dann folgt I, hier öffneten sich eben einzelne Blüten, bei VI waren alle Knospen abgestorben und bei VII waren alle Blütenknospen mäßig entwickelt und geschlossen.

Salix. II, III und IV am weitesten vor, die Kätzchen sämtlich durchgebrochen, dann folgt V mit etwas geringerer Entwicklung, endlich I, das fast gar keine Fortschritte zeigt. VI stark geschädigt, VII unverändert.

Syringa. Knospen bei II am meisten vor, dann III und IV, sodann I und V. Geschädigt war wieder VI und VII war ziemlich unverändert.

Es wirkt unter den angegebenen Versuchsbedingungen und zu der erwähnten Zeit auf *Forsythia* am günstigsten ein Warmbad von 3 bis 12 und auf *Salix Caprea* und *Syringa vulgaris* eines von 3 bis 9 Stunden. Natürlich können die Werte nur als beiläufige gelten, da sich die Unterschiede in der Entwicklung der Zweige nicht immer genügend prägnant ausprägen und sich die Verhältnisse mit dem Zeitpunkt des Versuches, der Tiefe der Ruheperiode und anderen Faktoren ändern können.

11. Versuch.

Es sollte eruiert werden, ob sich der Effekt des Warmbades nicht noch günstiger gestaltet, wenn man es nicht einmal, sondern nach einer Unterbrechung von 12 Stunden noch ein zweites, eventuell noch ein drittes Mal anwendet. Benützt wurden Zweige von *Corylus Avellana*, *Forsythia suspensa* und *Syringa vulgaris*. Beginn des Versuches am 23. XI. 1907.

I. Zweige ausgesetzt einem Warmbad von 25 bis 30° durch 12 Stunden.

II. Zweige ebenso behandelt wie bei I, dann 12 Stunden in der Luft des Warmhauses (15 bis 18°), hierauf gebadet wie früher. Die Zweige wurden also im ganzen zweimal gebadet.

III. Zweige ebenso behandelt wie bei II, dann 12 Stunden in der Luft und schließlich noch einmal dem erwähnten Warmbad ausgesetzt. Zweige also im ganzen dreimal gebadet.

IV. Zweige wurden gleich am Beginne des Versuches ins Warmhaus gestellt, sie wurden also nicht im Wasser untergetaucht. — Nach dem Bade kamen alle Zweige ins Warmhaus ans Licht.

29. XI. *Corylus.* Am raschesten entwickelten sich die Kätzchen bei II, die also zweimal gebadet wurden. Dann folgten die bei I und III. Der Unterschied zwischen I und II war aber nicht sehr groß. Die von II stäubten zuerst. Die von III waren teilweise an der Spitze etwas geschädigt.

Forsythia. Knospen am vorgeschrittensten bei III, dann kommt II und I. Die nicht gebadeten Zweige nicht merklich verändert. IV geschädigt.

Syringa. Die Knospen bei II am weitesten vor.

10. XII. *Corylus*-Kätzchen zumeist verstäubt oder im Stäuben, am meisten vor bei II, dann bei I und III, bei IV beginnen sich die Kätzchen erst zu strecken.

Forsythia. Bei III die Blütenknospen zum Teil schon geöffnet, dann folgt der Entwicklung nach II und I. Der Unterschied ist aber nicht groß.

Syringa. II steht besser als III und I. IV geschädigt.

Ergebnis: Unter den angegebenen Versuchsbedingungen wirkt auf *Corylus* und *Syringa* ein einmaliges Bad besser als ein zweimaliges oder dreimaliges, hingegen hatten zweimal gebadete *Forsythia* einen kleinen Vorsprung gegenüber ein- oder dreimal gebadeten. Ein dreimaliges Bad erwies sich schon als schädlich. Prüft man die Pflanzen am Ende des Versuches, so zeigt sich, daß die Unterschiede zwischen den einmal und zweimal gebadeten Pflanzen zwar gut merkbar, aber doch so unbedeutend sind, daß sich jedenfalls für die Praxis schon wegen der größeren Kosten und Mühe nur ein einmaliges Bad empfiehlt.

12. Versuch

am 4. XII. 1907 mit eingetopftem, nieder veredeltem Flieder. Mit Zweigen zu experimentieren, ist aus verschiedenen Gründen sehr vorteilhaft, unter anderem deshalb, weil man leicht mit einer größeren Individuenzahl arbeiten und so ein sicheres Urteil gewinnen kann. Hingegen haben abgeschnittene Zweige den Übelstand, daß ihre Laubsprosse nach dem Austreiben nur eine relativ geringe Größe erreichen und häufig auch später kränkeln. Arbeitet man aber mit bewurzelten Pflanzen, so zeigt sich der Effekt des Warmbades, da die entstehenden Triebe sich normal entwickeln, noch in viel auffallenderer Weise als bei abgeschnittenen Sprossen.

Die zu diesem Experimente verwendeten Stöcke wurden aus einer Handelsgärtnerei bezogen und hatten einen sehr schönen Knospenansatz. Ich benützte sechs Exemplare (I bis VI). II bis IV gehörten der Treibsorte *Charles X.* an, I und V waren von anderer, aber gleicher Rasse, doch konnte ich den Namen der Sorte nicht in Erfahrung bringen.

I und II wurden nicht gebadet.

III wurde nur mit der Krone in Wasser von 31 bis 37° durch 12 Stunden untergetaucht gehalten.

IV wurde wie III behandelt, aber samt dem Topfe untergetaucht.

V und VI wurden mit der Krone in Wasser von 27 bis 33° C. durch 12 Stunden untergetaucht gehalten.

Sodann kamen II und IV in einen finsteren Schwitzkasten des Warmhauses; im Kasten war die Luft mit Wasserdampf ganz oder nahezu gesättigt, sie hatte eine Temperatur von 20 bis 25° C.

I und V verblieb am Lichte in demselben Warmhaus.

Die Temperatur schwankte hier zwischen 15 und 18° C.

10. XII. I und II unverändert. III und VI treiben schön. V (im Licht) treibt auch, IV ist durch das Bad sichtlich geschädigt.

16. XII. Der günstige Einfluß des Bades tritt ungemein prägnant hervor.

Im Finstern: III am weitesten vor, dann VI, dann II, IV hat so gelitten, daß die Hauptknospen später abstarben, II ist gegen III und IV weit zurück. Bei III treten die jungen Rispen schon aus den Knospen hervor, die Triebe sind hier schon 3 bis 4 *cm* lang.

Im Lichte: Unterschied höchst auffallend. V treibt sehr schön, I unverändert.

21. XII. Im Finstern: Alles noch prägnanter. Bei III die Triebe bis 9 *cm*, bei VI bis 7 *cm* lang. Dann kommt II, Triebe bis 5 *cm* lang, aber es treiben viel weniger Knospen. Sämtliche Stöcke wurden nun aus dem finstern Schwitzkasten ans Licht gestellt.

Im Lichte: V treibt ausgezeichnet und gleichmäßig, denn es treiben fast alle Knospen. I unverändert.

2. I. 1908. Die Blätter sind grün geworden, III blüht bereits, dann folgt der Entwicklung nach II und VI. V hat auch schon schöne Laubtriebe und Knospen entwickelt, während I, abgesehen von einigen Knospen, die sich nur wenig strecken, noch immer nicht treibt.

8. I. Ergebnis: Der günstige Einfluß des Warmbades ist bei den bewurzelten Fliederpflanzen ein höchst auffallender. Am besten bewährte sich hier ein zwölfstündiges Bad von 31 bis 37°; dann das von 27 bis 33°. Es genügt, nur die Krone zu baden, ja das völlige Untertauchen der Pflanzen samt den Wurzeln scheint sogar schädlich zu wirken, doch bedarf dieser letztere Punkt noch weiterer Untersuchung, da ich darin noch zu wenig Erfahrung habe. Im Lichte ist der Unterschied zwischen gebadeten und ungebadeten Pflanzen noch viel auffallender wie die am 13. I. 1908 hergestellte Photographie (siehe Taf. II, Fig. 7) der beiden konstant am Lichte gezogenen Stöcke I und V lehrt. Während die meisten Knospen bei I noch gar nicht treiben, ist V schon prächtig belaubt und mit blühenden lilafarbigen Rispen reichlich versehen. Im Finstern tritt der Einfluß des Warmbades nicht gar so stark hervor, weil der Lichtentzug zu dieser Zeit auf das Treiben der nicht gebadeten Stöcke sehr günstig einwirkt und ebenso die im Schwitzkasten herrschende höhere Temperatur und Feuchtigkeit.

Einen weiteren großen Vorteil des Warmbades erblicke ich darin, daß die Knospen viel gleichmäßiger treiben. Bei nicht

gebadeten Exemplaren — und das habe ich nicht bloß bei *Syringa*, sondern auch bei vielen anderen Holzgewächsen beobachtet — treiben, falls sie überhaupt schon geneigt sind, ihre Knospen zu entwickeln, gewöhnlich nur die Endknospen und auch von diesen häufig nur ein gewisser Prozentsatz, bei den gebadeten aber auch die tieferen. Der gebadete Stock bringt infolgedessen eine üppige gleichmäßige Belaubung und zahlreichere Blütenrispen, was dem Gärtner selbstverständlich sehr erwünscht ist.

Kultiviert man die Fliederstöcke beim Treiben zunächst im finstern, hoch temperierten Schwitzkasten (25 bis 30° C.) so wie die Gärtner es zu tun pflegen und wendet man das Warmbad an, so blühen die gebadeten Exemplare im Durchschnitt um 8 bis 10 Tage früher als die nicht gebadeten, dies bedeutet aber in unserem Klima für den Praktiker einen sehr großen Vorteil, es wird viel Heizmaterial erspart.

Vergleichende Versuche, die ich mit gebadeten und ätherisierten Zweigen angestellt habe, zeigten, daß die Warmwassermethode mit der Äthermethode erfolgreich zu wetteifern vermag, ja wenn man bedenkt, daß die Warmbadmethode bequemer und auch billiger ist, so dürfte das Ätherverfahren in der Praxis durch das Warmbad wohl bald verdrängt werden.

Das Warmbad hat sich auch in meinen Versuchen mit *Convallaria*-Keimen gut bewährt. »Keime«, die am 14. XI. 1907 einem $16^1/_2$stündigen Warmwasserbad von 31° C. ausgesetzt wurden und dann nach der Weise der Gärtner bedeckt mit Moos bei einer Bodentemperatur von 20 bis 25° C. im Warmhaus getrieben wurden, kamen sehr gleichmäßig mit Laub und Blüten. Die ersten Blüten öffneten sich schon am 16. XII. Die nicht gebadeten Keime blieben vielfach »sitzen«, wenn sich die Blütentrauben entwickelten, so waren sie häufig unvollkommen, auch blühten sie durchschnittlich 5 bis 10 Tage später.

Bringt man die Keime erst Anfang Dezember in die Treiberei, so erscheint der Unterschied zwischen gebadeten und nicht gebadeten Keimen nicht mehr so auffallend, ist aber noch immer in die Augen springend. Auch bei den Conval-

larien wirkt das Warmbad zum mindesten so gut wie das Ätherisieren.

Um zu erfahren, ob das Laubad nur auf die Teile der Pflanze wirkt, welche das Bad tatsächlich genießen oder ob sich der Einfluß auch auf die nicht gebadeten Teile erstrecken kann, wurden folgende Experimente gemacht.

13. Versuch

mit *Corylus Avellana*. Etwa 60 *cm* lange, gut verzweigte und mit männlichen Kätzchen reichlich versehene Äste wurden teilweise durch 12 Stunden einem Laubad von 25 bis 30° C. ausgesetzt. Es wurde entweder nur die obere oder nur die untere Hälfte, in einem anderen Falle nur die rechte oder nur die linke Hälfte des Verzweigungssystems gebadet. Dann wurden die Zweige im Warmhaus bei 15 bis 19° C. im Lichte aufgestellt. Der Versuch begann am 27. November 1907. Das Resultat war ungemein klar. Am 3. Dezember waren die gebadeten Kätzchen in voller Blüte, stäubten und hatten eine durchschnittliche Länge von 5 bis $7^1/_2$ *cm* erreicht, während die nicht gebadeten Kätzchen sich noch nicht merklich verändert hatten. Der Einfluß des Bades ist also ein ganz lokaler, gerade hiedurch werden solche Versuche sehr instruktiv und illustrieren in höchst anschaulicher Weise die geradezu verblüffende Wirkung des Warmbades. Die Fig. 3 auf Taf. I besagt mehr als jede weitere Beschreibung.

14. Versuch.

Analoger Versuch am 27. XI. 1907 mit *Forsythia suspensa*. Die rechte Hälfte des Zweigsystems — siehe Fig. 4 auf Taf. I — wurde durch 12 Stunden in Wasser von 30° untergetaucht belassen, während die linke Hälfte in Luft verblieb. Dann verblieb der Zweig im Lichte bei einer Temperatur von 15 bis 19° im Warmhaus. Am 16. XII. stand die gebadete Zweighälfte in voller Blüte, während die nicht gebadete noch vollkommen geschlossene Blütenknospen hatte. In diesem Zustande wurde der Zweig photographiert.

Die Versuche wurden noch mit anderen Pflanzen (*Salix* sp., *Alnus glutinosa, Betula alba* und *Syringa vulgaris)* wiederholt und ergaben dasselbe Resultat. Es folgt daher daraus, daß der Einfluß des Bades nicht auf benachbarte ungebadete Regionen übergreift, sondern ganz lokalisiert bleibt. Nur die gebadeten Stellen treiben früher. Durch das Warmbad wird in den Knospen und vielleicht auch in deren Umgebung irgend eine Veränderung herbeigeführt, die zum Treiben führt. Hält diese Veränderung an, wenn man den gebadeten Zweig nach dem Bade nicht gleich ins Warmhaus stellt, sondern auf längere Zeit während des Herbstes oder Winters ins Freie stellt? Wird diese Veränderung wieder rückgängig gemacht oder bleibt sie erhalten? Das war die nächste Frage, die ich mir stellte und die ich durch die folgenden Versuche klarstellen wollte.

15. Versuch

am 6. XII. 1907 mit 5 bilateral verzweigten *Corylus*-Sprossen (I bis V). Die rechte Hälfte eines jeden Sproßsystems wurde durch 12 Stunden in Wasser von 26·5 bis 33° C. untergetaucht gehalten, während die linke Hälfte in die Luft, deren Temperatur 15 bis 18° war, ragte.

Sodann wurde Zweig I gleich ins Warmhaus, die anderen aber zunächst verschieden lange Zeit ins Freie und dann erst ins Warmhaus gebracht.

I. Zweig kam gleich ins Warmhaus (15 bis 19° C.).
II. » » nach 3 Tagen ins Warmhaus.
III. » » » 7 » » »
IV. » » » 14 » » »
V. » » » 21 » » »

Alle Zweige verhielten sich gleich. Immer entwickelten sich die männlichen Kätzchen, welche gebadet wurden, zuerst, gleichgültig ob die Zeit zwischen dem Bad und dem Hereinbringen der Zweige ins Warmhaus 1 oder 21 Tage betrug.

Die gebadeten Kätzchen waren oft schon verstäubt oder sogar abgefallen, bevor sich die ungebadeten zu strecken begannen. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß die

durch das Warmbad in den männlichen Kätzchen von *Corylus* hervorgerufene Veränderung im Freien bei niederer Temperatur wochenlang latent bleibt.

Ähnliche Resultate ergaben Versuche mit *Salix*-Arten und *Forsythia*..

Eine weitere Frage, deren Lösung für die Beurteilung der Warmbadwirkung von großer Wichtigkeit erscheint, ist die, ob das warme Wasserbad nicht zu ersetzen wäre durch ein Luftbad von derselben Temperatur und Dauer. Durch die hohe Temperatur des Warmwasserbades wird das Sauerstoffbedürfnis entschieden gesteigert, allein da das Wasser weniger Sauerstoff enthält als die atmosphärische Luft und der Sauerstoffzufluß im Wasser jedenfalls gehemmt ist, so wird das bedeutend geweckte Sauerstoffbedürfnis sicherlich nicht in ausreichendem Maße befriedigt werden. Es geht dies ja auch schon daraus hervor, daß das Warmbad nicht zu lange ausgedehnt werden darf, weil sonst eine Schädigung der Knospen eintritt, wahrscheinlich infolge nicht befriedigter normaler, vielleicht sogar infolge eintretender und zu lange währender intramolekularer Atmung. Von vornherein war der Gedanke nicht gleich abzuweisen, daß möglicherweise gerade in der unter Wasser gehemmten Atmung die Ursache jener merkwürdigen Veränderung lag, die die Ruheperiode abkürzt. Andrerseits war es auch möglich, daß die höhere Temperatur, d. h. die bedeutende Wärmezufuhr in erster Linie bei der Auslösung des Treibens in Betracht kommt. Wenn das letztere der Fall wäre, dann müßte ein warmes Luftbad denselben oder einen ähnlichen Effekt hervorrufen wie ein warmes Wasserbad. Die folgenden Experimente sprechen tatsächlich zu Gunsten der letzteren Annahme.

16. Versuch.

Es sollte zunächst festgestellt werden, ob nicht ein längeres Verweilen bei höherer Temperatur im dunstgesättigten Raume, wobei die Zweige mit nasser Leinwand umhüllt waren, ebenso wirkt wie ein längeres Warmwasserbad. In jedem Bündel befanden sich Zweige von *Salix* sp. und *Corylus Avellana*. Um die Zweige einige Zeit einer dunstgesättigten Atmosphäre

auszusetzen, wurden sie zunächst mit nasser, reiner Leinwand mehrfach umhüllt und dann noch in verschließbare Glaszylinder, in denen sich unten eine fingerdicke Wasserschichte befand, eingestellt.

I verblieb in trockener Luft (des Zimmers) bei 17° C. durch 9 Stunden;
II verblieb in feuchter Luft (des Zimmers) bei 17° C. durch 9 Stunden;
III verblieb in trockener Luft (des Thermostaten) bei 30° C. durch 9 Stunden;
IV verblieb in feuchter Luft (des Thermostaten) bei 30° C. durch 9 Stunden;
V verblieb in feuchter Luft (des Thermostaten) bei 30° C. durch 24 Stunden;
VI verblieb in Wasser untergetaucht bei 30° C. durch 9 Stunden.

Nach Ablauf von 9, beziehungsweise 24 Stunden wurden alle 6 Bündel im Warmhaus unter Zinnsturz, also im Finstern, bei 15 bis 19° weiter kultiviert. Beginn des Versuchs am 11. XII. 1907.

Am 17. XII. waren die *Corylus*-Kätzchen bei VI schon bedeutend verlängert, während bei den anderen Zweigen noch nicht viel zu merken war.

Am 21. XII. *Corylus*-Kätzchen. In absteigender Reihenfolge war Treiben eingetreten bei VI, V, IV und III, hingegen war II und I so gut wie unverändert.

Salix-Kätzchen ebenso.

Der Versuch lehrte in deutlicher Weise, daß ein mehrstündiges Verweilen der Zweige in Luft von höherer Temperatur besonders in dunstgesättigter Luft treibend wirkt, aber schwächer als ein Warmwasserbad von gleicher Temperatur und Dauer. Ein analoges Resultat ergab der folgende

17. Versuch

am 17. XII. 1907 mit *Salix* sp., *Cornus alba* und *Corylus Avellana* über den Einfluß sehr warmer feuchter Luft. 4 Zweigbündel (I bis IV).

I verblieb in feuchter Luft von 17° durch 11 Stunden,
II » » » » » 37° » 11 »
III » » » » » 32 bis 35° » 11 »
IV » im Wasser » 26 - 30° » 9 »
untergetaucht.

Sodann wurden die Zweige im Warmhaus bei 15 bis 19° am Lichte weiter kultiviert.

Am 23. XII. waren bei IV die Kätzchen von *Corylus* am meisten vor, dann folgten, auch schon ziemlich entwickelt, die von III, dann die von II. Die von I waren unverändert.

Die Zweige der beiden anderen Pflanzen zeigten noch kein Treiben.

28. XII. *Corylus*-Kätzchen sind gleichmäßig bei III und IV entwickelt, sie stäuben. Bei II und I beginnen sie sich erst zu strecken.

Salix sp. Die Knospen von III treiben sehr gut, die von II ziemlich, die von IV kaum merklich, die von I gar nicht.

Cornus. Noch kein Treiben.

18. Versuch,

am 28. XII. 1907 mit 6 großen Bündeln (I bis VI), in jedem Bündel Zweige von *Salix Caprea v. pendula, Betula alba, Ribes Grossularia* und *Larix decidua*.

I kam zunächst in dunstgesättigte Luft von 14 bis 18° C. durch 24 Stunden;
II kam zunächst in dunstgesättigte Luft von 21° C. durch 24 Stunden;
III kam zunächst in dunstgesättigte Luft von 33° C. durch 24 Stunden;
IV kam zunächst in dunstgesättigte Luft von 33° C. durch 48 Stunden;
V kam zunächst in dunstgesättigte Luft von 37 bis 40° C. durch 24 Stunden;
VI kam zunächst in warmes Wasser von 33° C. durch 9 Stunden.

Sodann kamen alle Bündel ins Warmhaus ans Licht und wurden hier bei 15 bis 19° weiter kultiviert.

Die Kätzchen der Weide waren bei IV schon im Thermostaten durchgebrochen.

13. I. 1908.

Salix. I, II und V treiben noch nicht,
III treibt schön,
IV » schwach,
VI » »

Betula. I, II und VI treiben noch nicht,
III treibt sehr schwach,
IV » gut,
V » treibt fast ebenso wie IV.

Ribes. I Nur einige wenige Knospen im ersten Beginne des Treibens,
II, V und VI treiben mäßig,
III und IV treiben stark.

Larix. I und V treiben nicht,
II und IV treiben sehr wenig,
III treibt mäßig,
VI » stark.

27. I.

Die Reihenfolge gibt den Grad des Austreibens an.

Salix. III > VI > IV > I, II, V.
Betula. IV > V > III, VI > II > I.
Ribes. III > IV > VI > II > V > I.
Larix. VI > III > IV > II > V > I.

19. Versuch.

Am 7. I. 1908 mit 5 Bündeln (I bis V), in jedem Zweige von *Salix Caprea* v. *pendula* und *Betula alba*.

I. Feuchte Luft bei 16 bis 18° C. durch 9 Stunden,
II. » » » 25 » 27° C. » » »
III. » » » 33° C. » » »
IV. trockene » » 33° C. » » »
V. Warmwasserbad von 30° » » »

Hierauf alle Bündel im Warmhaus bei 15 bis 18° im Lichte weiter kultiviert.

28. I.

Betula. I, II treiben noch nicht,
III treibt schwach,
IV » gut,
V » am besten.

Salix. I treibt nicht.
IV » wenig,
II » mäßig,
V » gut,
III » am besten.

Eine ähnliche Wirkung wie das Warmwasserbad zeigte das Warmluftbad auch bei *Aesculus Hippocastanum* und *Rhamnus Frangula.*

Die eben mitgeteilten Versuche lehren deutlich, daß bei den geprüften Zweigen ein feuchtes mehrstündiges Luftbad von höherer Temperatur häufig ähnlich wirkt wie ein ebenso temperiertes Warmwasserbad, ja bei manchen Gewächsen bewährt sich das Luftbad noch besser als das Wasserbad. Wir werden daher wohl kaum mit der Annahme fehl gehen, daß es in erster Linie die höhere Temperatur ist, welche stimulierend auf das Austreiben einwirkt. Unterstützt wird dieser reizende Einfluß sicherlich durch die Aufhebung der Transpiration und durch den Lichtentzug. Auch beim Warmwasserbad ruft die höhere Temperatur die Revolution, die zum Treiben führt, in den ruhenden Knospen hervor und die gleichzeitig im Wasser eintretende starke Wasseraufnahme und die wieder damit verknüpfte Turgorzunahme des Zellinhaltes und Quellung der Zellhäute in den Knospenschuppen und Vegetationspunkten dürften die Aktion der Wärmezufuhr in vielen Fällen fördern. Ich möchte aber die eben geäußerten Ansichten bezüglich der Ersetzbarkeit des Warmwasserbades durch das Luftbad noch mit einem gewissen Vorbehalt aussprechen, da ich die vergleichenden Versuche mit warmen Luftbädern erst im Spätherbst begonnen habe, wo die Knospenruhe nicht mehr so fest

ist wie im Vorherbst und ich daher vorläufig nicht weiß, ob sich ruhende Knospen auch im Vorherbst einem warmen Luftbad gegenüber so verhalten wie im Spätherbst und Winter. Im kommenden Herbst soll diese Lücke durch weitere Experimente ausgefüllt werden.

Daß höhere Temperatur die Ruheperiode abzukürzen und das Treiben zu beschleunigen vermag, darf nicht gar so überraschen, da ja Schmid[1] für gewisse Kartoffelsorten und die Küchenzwiebeln nachgewiesen hat, daß sich ruhende Knollen und Zwiebeln bereits Ende Oktober und Anfang November treiben lassen, wenn sie bei dauernd hoher Temperatur und guter Durchlüftung kultiviert werden. Auch Klebs[2] hat für einige Pflanzen und sein Schüler Howard[3] für viele Holzgewächse gezeigt, daß sie, zur Zeit ihrer Ruhe ins Warmhaus gebracht, austreiben, aber sowohl Schmid's, Klebs' als auch Howard's Versuche unterscheiden sich wesentlich von den meinigen in einem wichtigen Punkte: während nämlich bei den Experimenten der genannten Autoren die Objekte einer dauernden höheren Temperatur (z. B. in den Versuchen von Schmid 15 bis 30° im Vermehrungshaus und 28° im Thermostaten) ausgesetzt wurden, wirkte in meinen Versuchen die höhere Temperatur nur mehrere Stunden (6 bis 15) während des Bades ein, gleich darauf kamen aber die Versuchsobjekte in ein Gewächshaus von relativ mäßiger Temperatur (15 bis 19°). Ein dauernder Aufenthalt der Zweige bei hoher Temperatur (30°) hat sich in den meisten Fällen nicht nur nicht als vorteilhaft, sondern sogar als schädlich erwiesen. Viele Zweige pflegen zu verschimmeln und gar nicht auszutreiben. Mitunter entstehende Triebe gehen gewöhnlich bald zu Grunde.

Die etwa einen halben Tag (12 Stunden) einwirkende hohe Temperatur setzt die zum rascheren Treiben notwendigen Vorgänge in Gang, sie gibt dazu den Anstoß. Die darauf

---

[1] Schmid B., Über die Ruheperiode der Kartoffelknollen. Ber. der Deutschen botan. Gesellschaft, 1901, p. 76.

[2] Klebs S., Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Jena 1903, p. 135 u. ff.

[3] Howard W. L., Untersuchung über die Winterruheperiode der Pflanzen. J. Dissertation, Halle a. S. 1906.

folgende mäßigere Temperatur erhält das chemische Getriebe, das zum rascheren Wachstum führt, in Gang. Sowie ein auf den Eisenbahnschienen stehender Waggon eines größeren Kraftaufwandes bedarf, um in Bewegung zu kommen, aber eines kleineren, um in der Bewegung erhalten zu werden, so ist bei der geschilderten Methode für den ersten Anfang, für die Auslösung des Treibens eine größere Wärmeenergie notwendig, sobald aber durch diese die Auslösung des Wachstums erzielt ist, genügt eine viel geringere Wärmezufuhr, um den Wachstumsprozeß im Gange zu erhalten. Das warme Bad induziert also eine physiologische Nachwirkung. Auch nach dem Ätherisieren geht, wie Johannsen [1] gefunden hat, das Treiben bei mäßiger Temperatur vor sich und dies ist ein ökonomischer Vorteil seiner Methode. Da dieser Vorzug, der mit einer bedeutenden Ersparnis von Heizmaterial gleichbedeutend ist, auch der Warmwassermethode anhaftet, und da diese billiger, einfacher und gefahrlos ist, so dürfte das Warmbadverfahren in der Praxis wohl bald über das Ätherverfahren die Oberhand gewinnen und es nach und nach ganz verdrängen.

Über weitere Versuche betreffend den Einfluß der Warmwasser- und Warmluftmethode auf Zweige, ferner auf Knollen, Zwiebeln und Samen werde ich später berichten.

III. Zusammenfassung.

1. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einem Verfahren der Pflanzentreiberei, das zuerst in der Praxis aufgetaucht ist, das sowohl wissenschaftliches als auch praktisches Interesse beansprucht und das im wesentlichen darauf beruht, daß man die in der Ruheperiode befindlichen Holzgewächse einige Zeit einem Warmwasserbad aussetzt und hiedurch zum Austreiben veranlaßt.

Werden Zweige oder bewurzelte Stöcke verschiedener Holzgewächse zur Zeit ihrer Ruheperiode in Wasser von etwa 30 bis 40° untergetaucht (die bewurzelten Pflanzen nur mit der Krone), dann mehrere Stunden (9 bis 12) darin belassen und

[1] Johannsen W., l. c., p. 22.

hierauf bei mäßiger Temperatur weiter kultiviert, so wird hiedurch in vielen Fällen die Ruheperiode abgekürzt und das Austreiben der Knospen in hohem Grade beschleunigt. Diese Methode sei kurz als »Warmwassermethode« bezeichnet.

Zur richtigen Zeit angewendet, gibt dieses Verfahren bei *Corylus Avellana, Syringa vulgaris, Forsythia suspensa, Cornus alba, Ribes Grossularia, Larix decidua, Rhamnus Frangula, Aesculus Hippocastanum, Salix*-Arten, *Fraxinus excelsior* und anderen Pflanzen ausgezeichnete Resultate. Das Gelingen solcher Versuche hängt, abgesehen von der Natur der Pflanze und der Jahreszeit, unter anderem von folgenden Umständen ab:

a) Von der Dauer des Bades. Im allgemeinen genügt eine sechs- bis zwölfstündige Dauer. Über 12 Stunden hinauszugehen, empfiehlt sich gewöhnlich nicht, da die untergetauchten Zweige bei der hohen Temperatur ein großes Sauerstoffbedürfnis haben, der Sauerstoffzufluß aber im Wasser sehr gehemmt ist. Unter diesen Verhältnissen erscheint die normale Atmung behindert, ja es kann sogar intramolekulare Atmung und, wenn diese zu lange dauert, eine Schädigung oder ein Absterben der Knospen eintreten.

Ein in mehrstündigen Intervallen durchgeführtes zwei- oder gar dreimaliges Bad bietet gegenüber einem einmaligen Bad entweder keine Vorteile oder eine Schädigung oder eine so geringe Förderung, daß daraus für die Praxis keine ökonomischen Vorteile erwachsen.

b) Von der Temperatur des Warmbades. Es eignet sich nicht für alle untersuchten Gewächse dieselbe Temperatur des Warmbades. Während zum Beispiel bei *Corylus Avellana, Forsythia suspensa, Ribes Grossularia* und *Syringa vulgaris* ein Bad von 30° C. sehr stark stimulierend auf das Austreiben wirkt, ist für *Cornus alba, Rhamnus Frangula* und *Betula alba* ein Bad von 35 bis 40° C. notwendig oder für gewisse Pflanzen entschieden besser *(Aesculus Hippocastanum)*. Es existiert gewiß für jedes Gewächs eine optimale Temperatur des Warmbades, die von Fall zu Fall ausprobiert werden muß.

c) Von der Tiefe der Ruheperiode. Das Warmbad beeinflußt die Ruheperiode gewisser Gewächse schon unmittelbar nach dem herbstlichen Laubfall, bei anderen erst später.

So treiben gebadete *Aesculus*- und *Fraxinus*-Zweige im Vorherbst nicht, im Dezember und Jänner aber schon sehr gut. Je mehr die Ruheperiode ausklingt, desto geringer sind dann die Unterschiede im Treiben der gebadeten und ungebadeten Pflanzen.

2. Das Bad wirkt ganz lokal, d. h. nur die untergetauchten Knospen treiben früher. Man kann sich davon leicht und sicher überzeugen, wenn man bei einem Zweigsystem nur die rechte oder die linke Hälfte badet. Es zeigen sich dann nur die gebadeten Zweige im Treiben gefördert. Fliederstöcke, bei denen im November nur die Hälfte der Krone dem Warmbad ausgesetzt wurde und die dann bei mäßiger Wärme im Lichte getrieben werden, bieten einen eigenartigen Anblick: die gebadete Hälfte erscheint nach einiger Zeit in voller Blüte und bietet ein Bild des Frühlings, die nicht gebadete Hälfte desselben Individuums verharrt zur selben Zeit noch häufig in Ruhe und bietet das Bild des Winters. Der Einfluß des Bades wird also nicht auf benachbarte ungebadete Teile übertragen.

3. Die Einwirkung des Bades bleibt, wenn die gebadeten Zweige oder Pflanzen nicht gleich angetrieben, sondern wieder an ihren natürlichen Standort ins Freie gestellt werden, wo sie der Temperatur des Herbstes oder Winters ausgesetzt bleiben, latent. Gebadete Zweige von *Corylus* und *Forsythia*, die 3 bis 5 Wochen im Freien standen, verhalten sich dann im Warmhaus genau so wie solche Zweige, die unmittelbar nach dem Bade warmgestellt werden.

4. Das Warmwasserverfahren bewährte sich auch beim Treiben der Convallarien. »Keime« dieser Pflanze, die durch $16^1/_2$ Stunden einem Warmbad von 31° C. unterworfen wurden, brachten ihre Blätter und Blütentrauben rascher und gleichmäßiger hervor.

5. Ein feuchtes mehrstündiges Luftbad von höherer Temperatur übt bei vielen Pflanzen auf das Treiben einen ähnlichen Einfluß wie ein ebenso temperiertes Wasserbad. Ja, in manchen Fällen war das feuchte Luftbad noch vorteilhafter. Es ist daher wohl in erster Linie die höhere Temperatur, die in den Knospen jene Veränderung hervorruft, die zum früheren Austreiben führt. Doch ist dieser Satz vorläufig noch mit einem gewissen Vor-

behalt hinzustellen, da die Experimente über die Ersetzbarkeit des Wasserbades durch das Luftbad erst im Spätherbste durchgeführt wurden, wo die Knospenruhe nicht mehr so fest wie im Vorherbst war. Es bleibt daher noch zu untersuchen, ob auch die noch sehr fest ruhenden Knospen sich einem warmen Luftbade gegenüber ebenso verhalten wie gegenüber einem warmen Wasserbade. Nach dem Gesagten dürfen wir wohl schon jetzt annehmen, daß in erster Linie die höhere Temperatur stimulierend wirkt. Ob hiebei die durch die höhere Temperatur gesteigerte Atmung oder andere Umstände jene Revolution bedingen, die die Ruheperiode abkürzt oder aufhebt, wäre möglich, bleibt aber zunächst noch unentschieden.

6. Das Warmbadverfahren leistet in vielen Fällen für die Treiberei dasselbe oder noch Besseres wie das Ätherverfahren und dürfte in der Zukunft wegen seiner Einfachheit, Billigkeit und Gefahrlosigkeit das Ätherverfahren in der Praxis bald verdrängen.

Erklärung der Photographien.

Tafel I.

Fig. 1. *Corylus Avellana.* Links der gebadete Zweig, rechts der Kontrollzweig. 6 Tage nach dem Bade bietet der Zweig links das vorliegende Bild, seine männlichen Kätzchen stehen in voller Blüte, während die des Kontrollzweiges noch unverändert sind. Vergl. den Text auf p. 92.

Fig. 2. *Forsythia suspensa.* Links der gebadete Zweig, rechts der Kontrollzweig. Der Zweig links steht 12 Tage nach dem Bade in voller Blüte, der Kontrollzweig hat zu dieser Zeit noch geschlossene Blüten. Vergl. den Text auf p. 93.

Fig. 3. *Corylus Avellana.* Die Photographie zeigt den lokalen Einfluß des Bades. Die rechte Hälfte des Zweigsystems wurde gebadet und steht 6 Tage nach dem Bade in voller Blüte, während die nicht gebadete Kontrollhälfte noch unverändert erscheint. Siehe den Text auf p. 105.

Fig. 4. *Forsythia suspensa.* Derselbe Versuch wie bei Fig. 3. Die beiden Zweige rechts wurden gebadet, die beiden links nicht. 19 Tage später standen die gebadeten in voller Blüte, die Kontrollzweige haben noch vollkommen geschlossene Knospen. Siehe den Text auf p. 105.

Tafel II.

Fig. 5. *Cornus alba (a* bis *d).* *a* wurde nicht gebadet. *b* wurde in Wasser von 9°, *c* in Wasser von 25 bis 30·6° C. und *d* in Wasser von 27 bis 42° gebadet. 21 Tage nach dem Bade boten die Zweige das vorliegende Bild, nur *d* hatte die Knospen entfaltet. Siehe den Text auf p. 95.

Fig. 6. *Aesculus Hippocastanum.* 3 Zweige *a* bis *c*. *a* Kontrollzweig, *b* wurde 9 Stunden bei 15 bis 30° und *c* wurde ebenso lange bei 40 bis 42° C. gebadet. 41 Tage nachher beginnen die Knospen bei *a* eben erst zu wachsen, die von *b* sind schon viel weiter vor, die von *c* sind mitten in der Entfaltung. Siehe den Text auf p. 98.

Fig. 7. *Syringa vulgaris.* Exemplar links gebadet, rechts nicht gebadet, beide am Lichte kultiviert. 40 Tage nach dem Bade steht das gebadete in voller Blüte, während das nicht gebadete fast unverändert ist. Siehe den Text auf p. 103.

Fig. 1

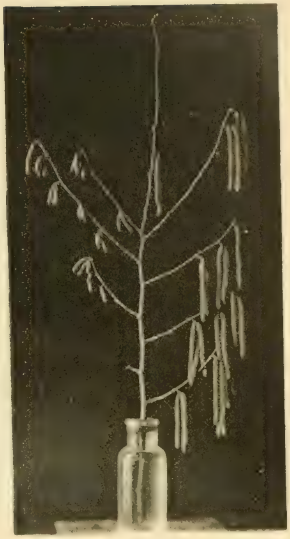


Fig. 3

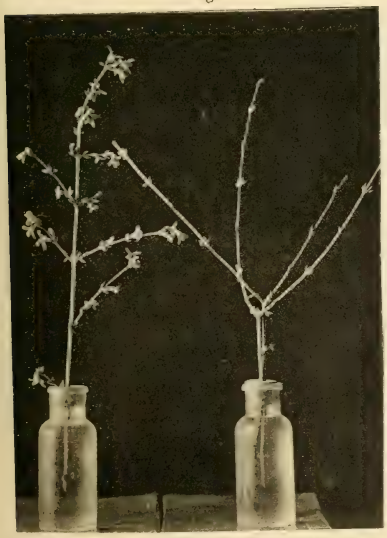


Fig. 2

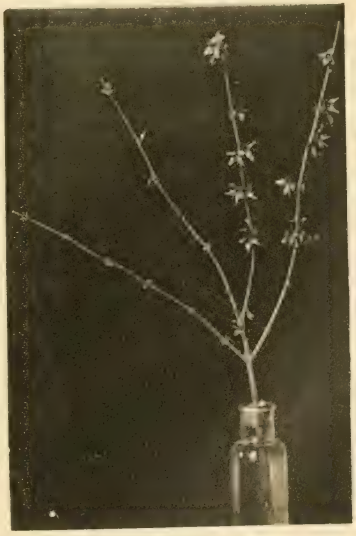


Fig. 4

Richter O. et Molisch phot.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Fig. 7

Fig. 5

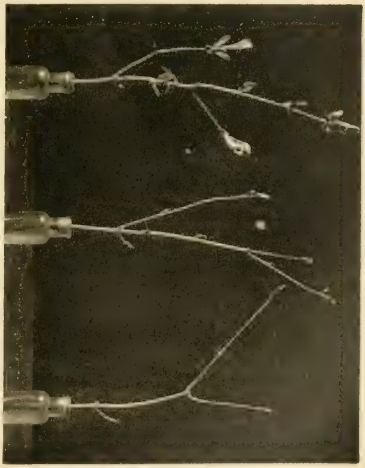


Fig. 6

utor phot. Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. II. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. F. Werner's nach dem ägyptischen Sudan und Nord-Uganda.

XIV. Scorpiones und Solifugae

von

A. A. Birula,

Kustos am Zoologischen Museum der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg.

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. März 1908.)

Einleitung.

In dieser Abhandlung gebe ich nachstehend eine Aufzählung der Skorpionen- und Solifugenarten, welche von Herrn Dr. F. Werner während seiner Forschungsreise nil-aufwärts vom Delta bis Gondokoro in Nord-Uganda gesammelt worden sind.

Abgesehen von den alten Angaben über die Skorpionen- und Solifugenfauna des Niltales, welche sich in den wohlbekannten Abhandlungen von Savigny, Olivier, Hemprich und Ehrenberg und C. Koch befinden, existiert meines Wissens in der neuen Literatur eine nicht allzu große Anzahl von Abhandlungen, welche speziell die Skorpionen- und Solifugenfauna dieses Gebietes behandeln oder sie auch nur beiläufig berühren. Mir sind darüber folgende Abhandlungen bekannt:

Dr. L. Koch, Ägyptische und abyssinische Arachniden, gesammelt von Herrn C. Jickeli. Nürnberg, 1875.

R. Pocock, Supplementary Note upon the Scorpions obtained in Egypt and the Sudan by Dr. John Anderson, F. R. S. Journ. Linn. Soc. Zool., XXV, 1895, p. 299.

— Descriptions of some new Species of African Solifugae and Araneae. Ann. and Mag. Natur. Hist., Zool., vol. X (7. ser.), 1902, p. 6.

E. Simon, Arachnides recueillis par M. C.-J. Dewitz en 1898 à Bir-Hooker (Wadi-Natrun), en Égypte. Bull. Soc. entom. France, 1899, No. 13, p. 244.

A. Birula, Bemerkungen über neue oder wenig bekannte Skorpionenformen Nordafrikas. Bull. Acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg, 1903, XIX, No. 3, p. 105.

K. Kraepelin, Zur Systematik der Solifugen. Mitt. Naturh. Museum, XVI, 1899, p. 197.

A. Tullgren, *Solifugae, Scorpiones* und *Chelonethi* aus Ägypten und Sudan. Res. of the Swedish Zoolog. Exped. to Egypt and the White Nile 1901 u. D. of L. A. Jägerskiöld, N. 21 A, p. 37 (1907).

Die Sammlung von Herrn Dr. F. Werner enthält alle Skorpionenarten, welche bisher für das Niltal erwähnt worden waren und deren Vorkommen dort keinem Zweifel unterliegt; es sind folgende Arten:

Buthus occitanus (Am.), *B. 5-striatus* (Hem.-Ehr.), *B. acutecarinatus* E. Sim., *B. australis* (L.), *B. amoureuxi* (Sav.) (= *B. citrinus* [Hem.-Ehr.]), *B. bicolor* (Hem.-Ehr.), *B. leptochelys* (Hem.-Ehr.), *B. minax* L. Koch, *Buthcolus aristidis* E. Sim., *Scorpio palmatus* Hem.-Ehr.

Für Arten, deren Vorkommen im Niltale zweifelhaft ist, halte ich *Jurus dufourejus* (Brullé) und *Pandinus bellicosus* (L. Koch).

Was die Solifugen anbetrifft, so enthält die Sammlung nur drei von den etwa 16 Arten, welche bisher in Ägypten und Sudan gefunden worden sind und deren Verzeichnis nachstehend erwähnt ist:

Galeodes arabs C. Koch, *? G. araneoides* Pall. (nach Tullgren im Sudan), *? G. graecus* C. Koch (nach E. Simon in Wadi-Natrun).

Paragalcodes barbarus (H. Lucas), *P. scalaris* (C. Koch), *P. sericeus* Krpl.; *Rhagodes melana* (Oliv.), *R. furiosa* (C. Koch), *R. phalangium* (Oliv.), *R. melanocephala* (E. Sim.); *Solpuga flavescens* C. Koch, *S. quedenfeldti* Krpl. (neu für die Fauna nach der Werner'schen Sammlung); *Daesia ehrenbergi* (Karsch), *D. livida* (E. Sim.), *D. bellula* Poc.; *Gnossipus klunzingeri* Karsch; *Blossia spinosa* E. Sim.; *Barrus letourneuxi* E. Sim.

Die Sammlung gibt nun nicht nur eine Reihe von neuen Daten aus dem Gebiete der Skorpionen- und Solifugenzoogeographie, z. B. die neuen Fundorte für einige Arten nebst Ergänzungen zur Fauna, sondern auch die recht interessanten Ergänzungen zur Systematik der in Rede stehenden Ordnungen.

Verzeichnis der gesammelten Arten.

Scorpiones.

Familie **Buthidae.**

Buthus (Buthus) occitanus tunetanus (Herbst).

Syn.: 1800. *Scorpio tunetanus*, Herbst, Natursyst. ungefl. Insekten, vol. 4, p. 68, Taf. 3, Fig. 2.

1829. *Androctonus (Leiurus) tunetanus intumescens*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, p. 354.

1903. *Buthus occitanus tunetanus*, Birula A., Bull. Acad. Sc. St. Pétersbourg, XIX, p. 107.

Fundort:

1. 2 ♀ ad., Alexandria, 9. April 1899.

Zwei weibliche Exemplare dieser Art aus Unterägypten, welche sich in der Sammlung befinden, kann ich nicht von den aus den Zentralgebirgen Tunesiens stammenden Exemplaren derselben Art unterscheiden; deswegen halte ich sie für die tunesische Abart *Buthus occitanus tunetanus* (Herbst). Durchschnittlich besitzen die ägyptischen Exemplare von *Buthus occitanus* (Amoureux) eine etwas kleinere Anzahl

von Kammlamellen, nämlich 25 bis 26 (beim Weibchen) gegen 27 bis 30 bei den tunesischen Exemplaren. Die Exemplare der Sammlung besitzen auch auf den Palpenfingern 13 Granulareihen gegen 12 Granulareihen bei den tunesischen Exemplaren; ein Stück des Petersburger Museums aus Suez hat jedoch nur 11 Granulareihen auf jeder Hand.

Im übrigen, d. h. den plastischen und metrischen Merkmalen nach, kann man, wie gesagt, die ägyptischen Exemplare von den tunesischen nicht unterscheiden; deshalb glaube ich, daß die Aufstellung des Hemprich-Ehrenberg'schen *intumescens* auf recht zweifelhaftem Grunde steht.

Die geographische Verbreitung des *Buthus occitanus* (Amoureux) in Afrika ist nicht ohne Interesse; er ist längs der ganzen nördlichen Küstenstrecke des schwarzen Festlandes vom adatlantischen Küstengebiete (Senegal und Marokko) bis zum Somalilande verbreitet; ins Innere des Festlandes aber dringt er, wie es scheint, nicht weit ein; z. B. kommt er im Niltal augenscheinlich nur im nördlichen Teile Unterägyptens vor. Wo das Grenzgebiet zwischen dem *tunetanus* und dem *berberensis* liegt, ist noch zu entscheiden.

Das größte Exemplar der Sammlung ist etwa 75 *mm* lang (Cephalothorax = 8·3 *mm*) und hat 25—26 Kammlamellen; ein anderes Exemplar ♀ besitzt 26—26 Kammlamellen.

Buthus (Buthus) quinquestriatus quinquestriatus (Hemprich et Ehrenberg).

Syn.: 1827. *Scorpio occitanus*, Savigny J. C., Description de l'Égypte, vol. 22, p. 410; Atl. Pl. 8, fig. 1 (nec Amoureux, Journ. Phys., vol. 35, p. 9, Pl. 1, fig. 1—3).

1829. *Androctonus (Leiurus) 5-striatus*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, I, p. 353.

1829. *Androctonus (Leiurus) quinquestriatus aculeatus*, Hemprich et Ehrenberg, Symb. phys., Zoologica II, Arachnoidea-Scorpiones, No. 1, tab. I, fig. 5*a*—*f*.

Fundorte:

Unterägypten.

1. Barrage (Staudamm) bei Kalioub im Nildelta, etwa 30 *km* nördlich von Kairo; 2 ♀ ad., 17. August 1904 und Jänner 1905. — Das fünfte Caudalsegment kaum verdunkelt.

2. Gizeh, 19. Juli 1904; 3 ♂ ad. und 1 ♂ juv. + 6 pul. (Pyramiden von Gizeh); das fünfte Caudalsegment bei den ersteren nur verdunkelt, bei den letzteren tief schwarzbraun.

3. Arabische Wüste bei Heluan, 23. Juli 1904; 1 ♂ ad.; das fünfte Caudalsegment ist schwarz gefärbt.

Oberägypten.

4. Luxor, April 1899 und 27. Juli 1904; 5 ♂ + 2 ♀ + 2 juv.; bei allen Exemplaren ist das fünfte Caudalsegment geschwärzt.

5. Insel Elephantine, 29. Juli 1904; 1 ♂ ad. + 2 pulli.

6. Assuan, 30. Juli 1904; 2 ♂ ad. + 1 juv.; beim erwachsenen Exemplar ist das fünfte Caudalsegment wenig geschwärzt, beim jungen aber fast schwarz.

Nubien.

7. Wadi-Halfa, Jänner 1905; 1 pull.

Sudan.

8. Khartoum, Jänner 1905; 6 Exempl (4 ♀ ad. + 1 ♂ ad. + 1 pull.).

9. Gebel Araschkol, südwestlich von Khartoum und westlich von Duem am Weißen Nil (8 Wegstunden); die Skorpionenexemplare stammen nicht aus dem Berge selbst, sondern aus der Wüste östlich davon; April 1905; 1 juv.

Die aus dem Sudan stammenden erwachsenen Exemplare zeichnen sich durch das hell gefärbte, d. h. ganz unpigmentierte fünfte Caudalsegment aus; bei den jungen Exemplaren jedoch ist dasselbe Segment fast schwarz.

In der Sammlung befindet sich eine schöne Serie von Exemplaren dieser Art, die fast längs des ganzen Laufes des Nils vom Delta bis Duem am Weißen Nil mitgebracht worden sind. Auf dieser ganzen Strecke ist die Art gleichförmig gestaltet und mußte als die var. *α aculeatus* von Hemprich und Ehrenberg anerkannt werden. In der Körperfärbung der einzelnen Exemplare gibt es einige Unterschiede, doch sind sie kaum von großer Bedeutung. Das größte weibliche Exemplar der Sammlung aus Luxor ist etwa 93 *mm* (Cephalothorax

= 9·6 *mm*) lang; das männliche Exemplar aus Assuan hat eine Körperlänge von 76·5 *mm* (Cephalothorax = 8·3 *mm*).

Wenn wir nun die Vertreter der ägyptischen Rasse dieser Art mit den Exemplaren derselben Art aus benachbarten Ländern vergleichen, so müssen wir in erster Linie die alten Angaben von Hemprich und Ehrenberg bestätigen, daß die asiatischen Exemplare sich von den ägyptischen, respektive für die Art typischen Exemplaren in manchen Beziehungen unterscheiden. Bekanntlich stammt das typische Exemplar der var. ♀ *brachycentrus* aus Arabia felix (Yemen, Lohaja = Lohija); es unterscheidet sich von der ägyptischen Abart *aculeatus* »durch einen etwas kürzeren Stachel, welcher nur ebenso lang ist als seine Basis«. Leider steht mir kein aus Yemen stammendes Exemplar von *Buthus quinquestriatus* zu Gebote. Nichtsdestoweniger glaube ich, daß ich keinen großen Fehler begehe, wenn ich mich entscheide, den Simon'schen *Buthus beccarii*, der gleichfalls aus Yemen stammt, nur als Synonym des *brachycentrus* anzusehen. Aus der Diagnose von *Buthus beccarii* kann man ersehen, daß die südarabische Lokalrasse von *Buthus quinquestriatus* einigen Merkmalen nach (»intervallis costarum dorsualium [cephalothoracis] parcissime granulosis fere laevibus . . . caudâ . . . fere laevis . . . aculeo sat longo et gracili«) näher mit der ägyptischen Rasse als mit der weiter in diesen Zeilen festgestellten syrisch-palästinischen Rasse verwandt ist.

Das mir vorliegende reiche Material aus Syrien, Palästina und Petroarabien läßt erkennen, daß die dort vorkommende Rasse des *Buthus quinquestriatus* sich durch eine große Reihe von Merkmalen von den ägyptischen unterscheidet, was aus der unten angeführten Tabelle zu ersehen ist.

B. quinquestriatus ♀ aus Ägypten (Luxor).	*B. quinquestriatus* ♀ aus Petroarabien (Wadi-Arrud).
1. Cristen auf dem Cephalothorax ausgeprägt, perlschnurartig, großkörnig; Zwischen-	1. Cristen auf dem Cephalothorax weniger ausgeprägt, verhältnismäßig feinkörnig;

fläche sehr fein und gleichmäßig chagriniert, beinahe glatt.

2. Augenhügel zwischen den Superciliarcristen glatt.

3. Intercarinalfläche auf dem Truncus fein chagriniert.

4. Intercarinalflächen der Caudalsegmente meist sehr fein gerieselt, manchmal teils (in der Oberrinne) fast glatt.

5. Zähnchen der Unterkiele des zweiten und dritten Caudalsegmentes fast gleich stark und nicht stärker als die der übrigen (erstes und viertes) Segmente.

6. Anzahl der Zähnchen des Unterkieles des dritten Caudalsegmentes: zirka 18 bis 27.

7. Anzahl der Zähnchen des Unterkieles des fünften Caudalsegmentes: zirka 23 bis 38.

8. Einzelne Körperteile, besonders die Palpenglieder und Caudalsegmente mehr oder weniger schlank und verlängert.

9. Erstes Caudalsegment deutlich breiter als das zweite Segment.

10. Giftblase mit dem Giftstachel fast gleich lang oder nur ganz unmerklich länger oder kürzer; die Breite derselben aber ist immer geringer als die Länge des Stachels.

Zwischenfläche deutlich ungleichmäßig, bald feiner, bald gröber granuliert.

2. Augenhügel zwischen den Superciliarcristen durchaus granuliert.

3. Intercarinalfläche auf dem Truncus grob chagriniert.

4. Alle Intercarinalflächen der sämtlichen Caudalsegmente immer deutlich granuliert.

5. Zähnchen der Unterkiele des zweiten und dritten Caudalsegmentes nach hinten zu größer werdend und deutlich stärker als die der benachbarten Segmente.

6. Anzahl der Zähnchen des Unterkieles des dritten Caudalsegmentes: zirka 15 bis 17.

7. Anzahl der Zähnchen des Unterkieles des fünften Caudalsegmentes: zirka 18 bis 31.

8. Einzelne Körperteile nebst den Palpengliedern und Caudalsegmenten verhältnismäßig dicker und kürzer gestaltet.

9. Erstes Caudalsegment kaum breiter als das zweite Segment.

10. Giftblase deutlich länger als der Giftstachel und die Breite derselben mit der Länge des Stachels beinahe gleich groß.

11. Palpenfinger verhältnismäßig lang, schlank, meist mit 13 Granulareihen versehen; namentlich ist der bewegliche Finger etwas mehr als zweimal so lang wie die Hinterhand.	11. Palpenfinger verhältnismäßig kurz, meist mit 12 Granulareihen versehen; namentlich ist der bewegliche Finger meist etwas weniger als zweimal so lang wie die Hinterhand.

Die soeben charakterisierte Lokalrasse des *Buthus quinquestriatus* (Hem.-Ehr.) von den Mittelmeerküsten Vorderasiens wurde meines Wissens in der Literatur bisher noch nicht als solche anerkannt; deswegen erlaube ich mir für sie eine subspezifische Benennung, *Buthus quinquestriatus hebraeus*, vorzuschlagen.

In Afrika ist die Verbreitung der in Rede stehenden Art nicht besonders groß. Die typische Rasse dringt offenbar zum Sinaigebirge (teste Hemprich-Ehrenberg) vor. Nach Osten zu dringt die Art augenscheinlich nicht in Erythräa und Abessinien ein. Die Westgrenze ihres Verbreitungsgebietes in Nordafrika ist zur Zeit noch nicht endgültig festgestellt; in Tunis ist sie bis jetzt meines Wissens nicht gefunden, auch ist ihr Vorkommen in Algerien fraglich. Dem gegenüber dringt *Buthus quinquestriatus* nach Süden im Niltal aufwärts sehr tief in die äthiopische Region vor, da er, wie es aus dem oben angeführten Verzeichnis der Fundorte zu ersehen ist, von Herrn F. Werner beinahe im Zentralteile des Sudans gesammelt worden ist.

Im Besitze des Petersburger Museums befindet sich eine Anzahl Exemplare des *Buthus quinquestriatus*, welche seinerzeit von dem bekannten Reisenden Junker (1879) in der Libyschen Wüste erbeutet worden waren; es sind sämtlich erwachsene und junge Männchen. Ihrer allgemeinen Körpergestalt nach als auch der Skulptur und den Größenverhältnissen des Körpers nach stellen diese Exemplare die weitere Entwicklung derselben Merkmale dar, durch welche sich die ägyptische Rasse von der vorderasiatischen unterscheidet. Namentlich sind sie sehr schlank gestaltet und besitzen sehr dünne und verlängerte Palpenglieder und Caudalsegmente und

fast glatte, glänzende, höchstens stellenweise kaum merklich chagrinierte Intercarinalflächen auf dem Cephalothorax und der Cauda. Der sehr verlängerten Körperglieder wegen sind die Granulareihen auf den Fingern und die Zahnreihen auf der Cauda gleichfalls verlängert und die Anzahl der Körnchen und Zähnchen in den Reihen vergrößert; z. B. haben die männlichen Exemplare der in dieser Arbeit diskutierten Rassen von *Buthus quinquestriatus* in dieser Beziehung die folgenden Verhältnisse:

	B. 5-striatus hebraeus	*B. 5-striatus 5-striatus*	*B. 5-striatus libycus*
1. Anzahl der Kammlamellen .	33—35	32—36	35—43
2. Anzahl der Zähne in den Unterkielen des dritten Caudalsegmentes	15—17	20—23	27—30
3. Anzahl der Zähne in den Unterkielen des fünften Caudalsegmentes.....	24—31	25—38	35—43

Auf Grund der soeben erwähnten Unterscheidungsmerkmale halte ich die Junker'schen Exemplare für eine besondere Lokalrasse von *Buthus quinquestriatus* (Hem.-Ehr.) und nenne sie *B. 5-striatus libycus*.

Buthus (Buthus) acutecarinatus E. Simon.

Syn.: 1883. *Buthus acutecarinatus*, E. Simon, Ann. Mus. Genova, vol. 18, p. 245, pl. VIII, fig. 18.

1906. *Buthus acutecarinatus*, A. Birula, Bull. Acad. Sc. St. Pétersbourg, vol. XXIII, No. 1—2, p. 139, sér. V, 1905.

Fundorte:

1. Unterägypten, Assiut bei Kairo, 9. August 1904; 1 ♀ ad.
2. Sudan, Khartoum, Jänner 1905; 2 ♀ ad.
3. Nord-Uganda, Gondokoro, März 1905; 1 juv.

Das Material, welches mir zu Gebote steht, ist nicht genügend ausreichend, um eine feste Umgrenzung der afrikanischen Lokalrassen der in Rede stehenden *Buthus*-Art durchführen zu können. Die Exemplare der Sammlung stammen: eines aus Unterägypten, drei aus dem Gebiete des oberen Laufes des Flusses (Khartoum und Gondokoro); als Ergänzung dazu stehen mir einige Exemplare des Petersburger Museums zur Verfügung und dank der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. A. Borelli liegt mir auch ein Exemplar des Universitätsmuseums zu Turin aus Nubien (Wadi-Halfa) vor. Auf Grund dieses Materials erlaube ich mir den Schluß zu ziehen, daß diese Art im Niltale zwei voneinander sich ziemlich gut unterscheidende Lokalrassen darstellt. Eine von ihnen bewohnt das eigentliche Ägypten, d. h. Unter- und Oberägypten nebst dem nördlichen Nubien, die andere den Sudan bis Nord-Uganda. Die Unterschiede zwischen beiden Rassen kann man folgenderweise darstellen:

Ägyptische Rasse, ♀ (Wadi-Halfa).	Zentralafrikanische Rasse, ♀ (Khartoum).
1. Hand oben undeutlich granuliert, mit wenig ausgeprägten, aus zusammenfließenden Körnchen bestehenden, respektive nicht perlschnurartigen Fingerkielen.	1. Hand oben undeutlich granuliert, beinahe rugös; Fingerkiele nur etwas gekerbt.
2. Intercarinalflächen des Schwanzes fein granuliert.	2. Intercarinalflächen des Schwanzes etwas gröber und ziemlich locker granuliert.
3. Nebenkiele auf den Seitenflächen des vierten Caudalsegmentes fehlen und die Seitenflächen selbst mehr oder weniger gleichmäßig granuliert.	3. Nebenkiele auf den Seitenflächen des vierten Caudalsegmentes vorhanden, doch nur als je eine nicht erhöhte Granularreihe.
4. Unterseite der Giftblase mit flachen Höckerchen besetzt; von ihnen ein größeres,	4. Unterseite der Giftblase mit etwas stärkeren Höckerchen besetzt; auch ist das

warzenförmiges unter dem Stachel.	unter dem Stachel sitzende Höckerchen verhältnismäßig größer.
5. Fünfte Sternitplatte des Truncus fein chagriniert; vier Längskiele auf ihr gekörnt, deutlich.	5. Fünfte Sternitplatte des Truncus etwas gröber granuliert, vier Längskiele auf ihr gekörnt, deutlich.
6. Vierte Sternitplatte des Truncus glatt, auf den erhöhten Stellen glänzend, sonst matt, nadelstichig punktiert, mit vier glatten, leistenförmigen Kielen versehen.	6. Vierte Sternitplatte des Truncus durchweg fein chagriniert, mit vier deutlich gekörnten Längskielen versehen.
7. Drittes bis erstes Sternitplättchen glatt, glänzend, punktiert.	7. Drittes bis erstes Sternitplättchen matt, sämtlich fein chagriniert.
8. Coxen glatt, glänzend, stellenweise matt; nur vierte Coxe manchmal auf dem Basalteile chagriniert.	8. Alle Coxen sehr fein, aber deutlich chagriniert.

Wie weit die soeben angeführten Unterschiede feststehen, kann ich der kleinen Anzahl der untersuchten Exemplare wegen nicht sagen. Die Exemplare aus Khartoum besitzen der Skulptur des Leibes nach eine große Ähnlichkeit mit den aus Abessinien und Erythräa stammenden Exemplaren; abgesehen von der Färbung unterscheiden sie sich z. B. von dem *Buthus acutecarinatus abyssinicus* Bir. besonders durch die weit schwächere Entwicklung des Höckerchens unter dem Stachel. Die ägyptische Rasse von *Buthus acutecarinatus*, welche ich subsp. *werneri* nenne, hat im Vergleiche mit dem *Buthus acutecarinatus judaicus* Bir. (Südpalästina) eine viel feinere Granulierung des ganzen Körpers; sie ist auch beträchtlich größer. Von dem typischen *Buthus acutecarinatus* Simon (aus Yemen) unterscheidet sie sich dem Anscheine nach besonders durch die glatten abdominalen Halbringe und durch das zehnkielige dritte Caudalsegment; nach der Simon'schen Beschreibung hat die typische Unterart: »segmenta abdominalia subter

tenuissime coriacea, I—IV leviter impressa, IV costis debilibus quattuor subtile denticulatis ornatum . . . Cauda . . . segmentis I—II utrinque quinque-, reliquis quadricostatis«; die Giftblase der ägyptischen Rasse ist kürzer als die der typischen. Das Exemplar der Sammlung aus Assiut ist etwa 30·2 *mm* (Cephalothorax = 3·6 *mm*) lang und hat 16—17 Kammlamellen; das größere Exemplar aus Khartoum ist zirka 33·5 *mm* (Cephalothorax = 3·9 *mm*) lang; es hat 17—17 Kammlamellen, die anderen 17—18.

Buthus (Prionurus) australis libycus (Hemprich et Ehrenberg).

Syn.: 1829. *Androctonus (Prionurus) libycus*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, I, p. 357.

1829. *Androctonus (Prionurus) libycus*, Hemprich et Ehrenberg, Symb. Phys., Zool. II, Arachnoidea-Scorpiones, No. 8, Tab. II, fig. 1*a—g*.

1829. *Androctonus (Prionurus) melanophysa*, ♂ juv., Hemprich et Ehrenberg, op. cit., No. 11, Tab. II, fig. 8*a—f*.

1895. *Prionurus libycus*, Pocock R., Journ. Linn. Soc. London, vol. 25, p. 306.

Fundort:

1. Unterägypten, Wüste bei Gizeh (bei Kairo), 16. August 1904; 1 pullus.

In der Sammlung habe ich nur ein sehr junges Exemplar (es ist etwa 22 *mm* lang und hat 33—32 Kammplättchen) eines *Prionurus* gefunden, welches man als *Androctonus (Prionurus) libycus* Hem.-Ehr. bestimmen muß. Es hat einen hellgelb (ins Rötliche spielend) gefärbten Körper außer den drei letzten Caudalsegmenten, d. h. 4, 5 und 6, welche bräunlich-schwarz sind; es ist also für *A. (Pr.) libycus* typisch gefärbt. Außerdem sind der Pocock'schen Hinweisung nach bei ihm die Palpenfinger verhältnismäßig länger (manus postica = 1·5 *mm*, digitus mobilis = 3·3 *mm*) und stärker nach innen gebogen als beim gleich großen Exemplare des *B. (Pr.) amoureuxi* (Sav.).

Das Exemplar der Sammlung zeigt die folgenden Unterscheidungsmerkmale von den in einer großen Anzahl mir vorliegenden jungen Exemplaren des *B. (Pr.) amoureuxi*:

B. (Pr.) libycus juv.	*B. (Pr.) amoureuxi* juv.
1. Rötlichgelb, drei letztere Caudalsegmente bräunlichschwarz.	1. Weißlichgelb, nur das fünfte Caudalsegment schwach bräunlich angeflogen.
2. Vorderrand des Cephalothorax ein wenig konkav, respektive ausgerandet.	2. Vorderrand des Cephalothorax deutlich konvex, gerundet, manchmal gegen den Augenhügel abgestutzt.
3. Die ganze Hand nebst Fingern innenwärts gleichmäßig gebogen, so daß der Mittelpunkt des Bogens sich auf der Basalhälfte des Fingers befindet.	3. Die Hand nebst dem Basalteile der Finger beinahe gerade; der Mittelpunkt der Krümmung befindet sich vor der Mitte des Fingers.
4. Manus postica beinahe $2^1/_2$ mal kürzer als der bewegliche Finger.	4. Manus postica kaum zweimal kürzer als der bewegliche Finger.
5. Anallappen dreiteilig.	5. Anallappen vier- oder fünfteilig.
6. Giftblase flach, d. h. dorsoventral komprimiert, mit deutlich und grob gekörnten Längskielen.	6. Giftblase unten gewölbt, d. h. dorsoventral nicht komprimiert, mit schwach gekörnten Längskielen.

Das in Rede stehende Exemplar stammt aus der Wüste bei Gizeh, also aus den Umgebungen von Kairo, wo auch *B. (Pr.) amoureuxi* gemein ist. Nach Pocock stammen die Exemplare *Prionurus libycus* des British-Museums aus Mersa-Matroo (»150 miles west of Alexandria«), von den Pyramiden und aus Abassiyeh; beide letzteren Fundorte liegen auch bei Kairo. Aus dem Gesagten ist zu ersehen, daß beide oben erwähnten *Prionurus*-Formen eine und dieselbe Gegend bewohnen; dieser Umstand, die morphologischen Unterschiede

zwischen ihnen in Betracht ziehend, erlaubt, die beiden Formen für selbständige Arten anzuerkennen.

Vermutlich ist *B. (Pr.) libycus* nur eine östlichste Lokalrasse[1] von *B. (Pr.) australis* (L.) (sensu angust.).

Buthus (Prionurus) amoureuxi (Savigny).

Syn.: 1827. *Scorpio amoureuxi*, Savigny J. C., Description de l'Égypte, ed. 2, vol. 22, p. 411; Atl., pl. 8, ff. 2, 2*n*, 2*z*.

1829. *Androctonus (Prionurus) citrinus*, Dr. Hemprich et Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, I, p. 356.

1829. *Androctonus (Prionurus) citrinus*, Hemprich et Ehrenberg, Symb. Phys., Zoologica II, Arachnoidea-Scorpiones, No. 6, tab. II, fig. 2*a—f*.

1895. *Prionurus citrinus*, Pocock R. J., Journ. Linn. Soc. Zool., vol. 25, p. 306.

1903. *Buthus amoureuxi*, Birula A., Bull. Acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg, XIX, No. 3, p. 110.

Fundorte:

1. Unterägypten, Kafr Gamus, zwischen Marg und Aines-Schems (östlich von Kairo), 22. Juli 1904; Sandwüste: 1 ♂ juv. + 2 pul.

2. Ebendaselbst, Gizeh, 1904; 4 ♀ ad. + 1 ♂ ad. + 1 ♂ juv.

3. Oberägypten, Assuan, 30. Juli 1904; 1 ♂ ad. + 1 juv.

4. Nubien, Wadi-Halfa, 2. August 1904: 1 ♂ ad. + 2 juv. + 1 pull.; Jänner 1905: 1 ♀ ad. + 2 ♂ juv. + 1 pul.

Seinerzeit habe ich eine ägyptische *Buthus*-Art aus Kairo und Suez unter der Savigny'schen Artbenennung *Buthus* (sub *Scorpio*) *amoureuxi* beschrieben; schon damals die Pocock'sche Hinweisung, daß die noch nicht erwachsenen Exemplare *Prionurus citrinus* (Hem.-Ehr.) *Buthus*-förmig sind, in Betracht ziehend, vermutete ich, daß die von mir als *Buthus amoureuxi* (Savigny) anerkannten Skorpione in näherer Verwandtschaft zu *Prionurus citrinus* stehen; doch fehlte mir damals das Material zur Entscheidung dieser Frage. Dank der Skorpionensammlung von Herrn Dr. F. Werner konnte ich mich jetzt mit

[1] Pocock R., Journ. Linn. Soc., 1895, vol. 25, p. 305.

Sicherheit überzeugen, daß der Savigny'sche *Scorpio amoureuxi* nichts anderes ist als ein junger *Prionurus citrinus* Hem.-Ehr. Also muß man diese *Buthus*-Art dem Prioritätsgesetze gemäß *Buthus (Prionurus) amoureuxi* (Savigny) nennen.

Ihre Beziehung zu anderen nordafrikanischen und vorderasiatischen *Prionurus*-Formen werde ich in diesen Zeilen nicht ausführlich erörtern, erlaube mir aber darauf hinzuweisen, daß sie eine morphologisch und geographisch gut begrenzte, gelb gefärbte *Prionurus*-Lokalform darstellt, wie es schon Pocock[1] gezeigt hat.

Die Grundmerkmale zur Unterscheidung dieser *Prionurus*-Form von der für die Untergattung typischen algerischen Form *B. (Pr.) australis australis* (L.) (= *Androctonus hector* C. Koch) kann man aus folgender Tabelle ersehen:

B. (Pr.) amoureuxi (Sav.) nach Exemplaren aus Gizeh.	*B. (Pr.) australis* (L.) nach Exemplaren aus Algier.
1. Cephalothorax am Vorderrande gerundet, selten abgestutzt.	1. Cephalothorax am Vorderrand ausgerandet, selten etwas abgestutzt.
2. Brachium der Palpen wenig schlanker als die Hand.	2. Brachium der Palpen etwa anderthalbmal schlanker als die Hand.
3. Lobus auf dem unteren Palpenfinger schwach entwickelt.	3. Lobus auf dem unteren Palpenfinger stark entwickelt.
4. Beweglicher Palpenfinger mit 13 bis 14 Granulareihen.	4. Beweglicher Palpenfinger mit 14 bis 16 Granulareihen.
5. Erstes, zweites und drittes Caudalsegment länger als breit.	5. Erstes, zweites und drittes Caudalsegment breiter als lang.
6. Maximalbreite des fünften Caudalsegmentes liegt in der Mitte (am Unterrande) desselben.	6. Maximalbreite des fünften Caudalsegmentes liegt am Vorderende (am Oberrande) desselben.

[1] Pocock R., Journ. Linn. Soc., vol. 25, p. 305 und 306—307.

7. Giftblase beinahe eiförmig, dorsoventral nicht komprimiert, ein wenig kürzer als der Stachel oder subäqual demselben.

8. Zähnchen der unteren Seitenkiele des fünften Caudalsegmentes etwas zugespitzt und nach hinten zu deutlich größer werdend.

9. Anallappen vier- bis fünfzähnig, von den Seitenkielen deutlich abgesondert.

10. Untere Caudalfläche nebst den Intercarinalflächen des fünften Abdominalsegmentes fein und dicht granuliert.

11. Anzahl der Kammlamellen
beim ♂: 29 bis 34
beim ♀: 21 bis 25.

7. Giftblase flach, breit, meistens länger als der Stachel.

8. Zähnchen der unteren Seitenkiele des fünften Caudalsegmentes stumpf, gerundet, nach hinten zu sich kaum vergrößernd.

9. Anallappen dreizähnig, von den Seitenkielen meist nicht abgesondert.

10. Untere Caudalfläche nebst den Intercarinalflächen des fünften Abdominalsegmentes glatt, matt oder glänzend, seltener mit einigen nicht zahlreichen großen Körnchen besetzt.

11. Anzahl der Kammlamellen
beim ♂: 32 bis 36
beim ♀: 26 bis 28.

Die verwandtschaftlichen Beziehungen der diskutierten *Prionurus*-Form zum *B. (Pr.) funestus* (Hem.-Ehr.) sind mir ganz unklar. Die Entscheidung dieser Frage habe ich auch in der oben zitierten schönen Schrift von Pocock nicht gefunden. Offenbar fehlte der echte *Prionurus funestus* in seiner nubischen Skorpionensammlung. Auf Grund der Ehrenberg'schen Beschreibung und Abbildung kann man sie höchstens für eine Subspezies von *B. (Pr.) amoureuxi* (respektive *citrinus*) halten. Vermutlich aber ist diese Benennung für die großen, ganz erwachsenen Exemplare von der *citrinus*-Form gegeben worden. Für diese Meinung spricht auch das Vorkommen beider morphologisch so nahe verwandten Formen in ein und demselben Gebiete — Nubien.

Was die geographische Verbreitung des *B. (Pr.) amoureuxi* (Sav.) anbetrifft, so kann man annehmen, daß er nur dem Laufe des Nilstromes vom Delta durch Unter- und Oberägypten bis zu den nördlichen Teilen Nubiens folgt. Pocock führt die folgenden Fundorte an: »Cairo, Amarna, SW-Bank of Suez-Canal, Fayum, Assuan (1st Cataract) and Wadi-Halfa (2nd Cataract)«. Der südlichste Fundort ist also Wadi-Halfa im nördlichen Nubien; derselbe Fundort ist auch der Sammlung Dr. Werner's nach für den in Rede stehenden *Prionurus* der südlichste.

Obwohl einige paläarktische Skorpionenarten, z. B. *Buthus occitanus* (Am.) und *B. acutecarinatus* E. Sim., nach Osten in Nordafrika längs der ganzen Küstenstrecke des Roten Meeres bis zum Somaliland verbreitet sind, fehlen die *Prionurus*-Formen daselbst ganz oder sind äußerst selten. Weder L. Koch und A. Borelli für Erythräa noch Pocock und Kraepelin für Abessinien und Somali erwähnen die Skorpionen dieser Untergattung.

Ich kenne nur eine einzige Angabe über das Vorkommen dieser Untergattung im äußersten Nordosten Afrikas: Pavesi erwähnt *Androctonus aeneas* C. Koch nach der Sammlung vom Grafen Bouturlin für Assab (im südöstlichen Erythräa)[1] und *Androctonus australis* (L.) (»di tipo *Diomedes*«) nach der Sammlung Bricchetti-Bobecchi für Obbia (am Indischen Ozean).[2] Möglicherweise sind einzelne Exemplare des *B. (Pr.) crassicauda* (Olivier), der auf der arabischen Küste des Roten Meeres vorkommt, von dort auf die afrikanische Küste weggeschleppt.

Nach Westen verbreitet sich *Prionurus citrinus* nach Pocock'scher[3] Vermutung längs der Südgrenze der Sahara bis zum Senegal; doch solange die festen Beweise darüber fehlen, entschließe ich mich nicht, dieser Meinung zu folgen.

Das größte weibliche Exemplar der Sammlung (aus Gizeh) ist etwa 109 *mm* (Cephalothorax = 12 *mm*) lang; doch liegt

---

[1] P. Pavesi, Bul. Soc. entom. Ital., XVII, 1885, p. 1 (Separ.).

[2] Derselbe, Boll. scient. Pavia, No. 2—3, XVII, 1895.

[3] R. Pocock, Proc. Zool. Soc. London, 1899, p. 834.

mir ein Weibchen des Zoologischen Museums zu St. Petersburg vor, welches sogar zirka 123 *mm* (Cephalothorax = 13 *mm*) lang ist. Das größte männliche Exemplar (von Pyramiden von Gizeh) hat eine Körperlänge von etwa 83 *mm* (Cephalothorax = 9·7 *mm*).

Buthus (Prionurus) bicolor (Hemprich et Ehrenberg).

Syn.: 1827. *Scorpio australis*, Savigny J. C., Description de l'Égypte, ed. 2, vol. 22, p. 412; Atl. tab. 8, fig. 3, 3*l*, 3*n* (nec Linné, Syst. Nat., ed. 10, p. 625).

1829. *Androctonus (Prionurus) bicolor*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, I, p. 358 (partim, solum specimina libyca).

1829. *Androctonus (Prionurus) bicolor*, Hemprich et Ehrenberg, Symb. Phys., Zoologica II, Arachnoidea-Scorpiones, No. 12, Tab. II, fig. 4*a, b, c, e, f*.

1895. *Prionurus bicolor*, Pocock R. J., Journ. Linn. Soc., Zool., vol. 25, p. 307.

1896. *Buthus (Prionurus) australis bicolor*, Birula A., Ann. Mus. Zool. St. Pétersbourg, vol. I, p. 236 (partim, specimina solum aegyptiaca).

1899. *Buthus bicolor*, Kraepelin K., Scorpiones, das Tierreich, p. 17, Lief. 8 (partim, specimina solum aegyptiaca).

Fundort:

1. 1 ♀ juv. Unterägypten, Meks bei Alexandria, April 1899.

Das Exemplar der Sammlung ist etwa 29 *mm* lang (Cephalothorax = 3·4 *mm*, Cauda = 15·2 *mm*); bei ihm ist die obere Intercarinalrinne des Schwanzes vorzugsweise in der Vertiefung selbst sehr fein und dicht gekörnt; die übrigen Intercarinalräume des Schwanzes sind gleichfalls fein gerieselt; außerdem besitzt es einen merklich nach hinten zu verdickten Schwanz, vierzähnige Anallappen, vollkommen entwickelte akzessorische Kiele auf dem ersten, zweiten und dritten Caudalsegment, auf allen Seiten scharf gekielte Brachien der Palpen sowie auch 21—22 Kammplättchen. Der Giftstachel ist bei ihm deutlich länger als die Blase. Demnach besitzt es alle Merkmale, welche Pocock[1] zur Unterscheidung des

[1] R. Pocock, Journ. Linn. Soc., vol. 25 (1895), p. 308.

Prionurus bicolor vom *Prionurus crassicauda* (Oliv.) erwähnt hat.

Bekanntlich ist der ägyptische dunkelgrüne *Prionurus*, d. h. *Buthus (Prionurus) bicolor* (Hem.-Ehr.), von dem vorderasiatischen *B. (Pr.) crassicauda* (Oliv.) deutlich und wahrscheinlich spezifisch verschieden; dies kann man aber nicht über den Unterschied desselben von der tunesisch-algerischen Rasse des dunkelgrünen *Prionurus, Androctonus aeneas* C. Koch sagen, da zwischen ihnen bisher nur ein einziges Unterscheidungsmerkmal, und zwar der Grad der Entwicklung der akzessorischen Kiele auf den drei vorderen Caudalsegmenten, erwähnt worden ist. Man muß bemerken, daß aus dem dazwischen liegenden Gebiete Nordafrikas bis jetzt kein Skorpion untersucht worden ist.

Abgesehen von den zweifelhaften Angaben Pavesi's über das Vorkommen des *Androctonus aeneas* C. L. Koch bei Assab (Ost-Erythräa) ist *Buthus (Pr.) bicolor* nur aus Unterägypten bekannt. Die typischen Exemplare stammen vom »Küstensaum der Libyschen Wüste« (auch Sinai [?]; Syrien ist auszuschließen). Pocock (l. c.) erwähnt nur »Cairo, Ramleh, Mandara, Aboukir and Mersa-Matroo«. In der Sammlung des Zoologischen Museums zu St. Petersburg befinden sich einige Exemplare derselben Art aus der Libyschen Wüste (Dr. Junker's Reise, 1879). Diese Fundortsreihe muß man auch mit einem Fundorte der Sammlung von Herrn Dr. F. Werner — Meks bei Alexandria — bereichern.

Buthus (Buthacus[1]) leptochelys (Hemprich et Ehrenberg).

Syn.: 1829. *Androctonus (Leiurus) leptochelys*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, I, p. 355.

---

[1] Subgen. *Buthacus* nov. Cristenskulptur auf dem Cephalothorax rudimentär; Stirnrand konvex; Tibien nebst Protarsen der drei ersten Beinpaare flach und deutlich erweitert; viertes Beinpaar mit einfachen Tarsalsporen versehen; Klauen bogenförmig; Tarsalsohlen beborstet; viertes und fünftes Caudalsegment am Oberrande beiderseits gerundet, ohne leistenförmige oder gekörnte Längskiele; es ist eine Tendenz zur Vergrößerung der Zähne des zweiten,

1829. *Androctonus (Leiurus) macrocentrus*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, op. cit., p. 355.

1829. *Androctonus (Leiurus) leptochelys*, Hemprich und Ehrenberg, Symb. Phys., Zoologica, II, Arachnoidea-Scorpiones, No. 3.

1829. *Androctonus (Leiurus) macrocentrus*, Hemprich et Ehrenberg, op. cit., No. 4, tab. I, fig. *a—e*.

1885. *Buthus arenicola*, Simon E., Expl. Sci. de la Tunisie, Arachnides, p. 51 (specim. »Basse-Égypte«).

Fundort:

1. Unterägypten, Wüste bei Gizeh, 16. August 1904: 1 ♀ ad.; wurde beim Verzehren einer ♀ *Heterogamia* angetroffen.

Ein Exemplar dieser Art der Werner'schen Sammlung gehört vermutlich der Form seines Giftstachels nach, welcher etwas länger als die Blase selbst ist, zur Hemprich-Ehrenberg'schen forma *macrocentrus*. Ich bin mit Pocock's Ansicht einverstanden, daß die »Arten« von Hemprich-Ehrenberg, *leptochelys* und *macrocentrus* von der Sinaihalbinsel, miteinander artlich identisch und gleichfalls artlich sich nicht vom Simon'schen *Buthus arenicola* aus »Basse-Égypte« unterscheiden. Was aber *Androctonus (Leiurus) thebanus* Hemprich et Ehrenberg anbetrifft, so glaube ich, daß die Hemprich-Ehrenberg'sche Zeichnung keinen festen Grund zu einer solchen Identifizierung gibt. Aus der zitierten Zeichnung ist zu ersehen, daß die abgebildete Skorpionenart voll entwickelte Lobi auf den Palpenfingern und viel dickere Hände als das Brachium besitzt und sich durch diese Merkmale vom *Buthus leptochelys* deutlich unterscheidet. Bei allen mir vorliegenden männlichen und weiblichen Exemplaren dieser letzteren Art ist kein Fingerlobus wahrnehmbar.

---

dritten und vierten Caudalsegmentes nicht nur in den beiden Unterkielen, sondern auch in den unteren Seitenkielen bemerkbar.

Typus: *Buthus leptochelys* (Hem.-Ehr.).

Zu dieser neuen Untergattung gehören auch *Buthus hadmorensis* Simon, *Buthus palpator* Birula und vermutlich *Buthus calviceps* Pocock.

Das Material des *Buthus leptochelys*, welches zu meiner Verfügung steht, ist zu spärlich, um irgendwelche Ergänzung zur geographischen Verbreitung dieser *Buthus*-Art zu geben. Nach den Literaturangaben nimmt ihr Verbreitungsgebiet in Afrika nur den Küstensaum des Mittelmeeres von Tunis bis Unterägypten ein und erstreckt sich weiter nach Osten längs des Südufers des Roten Meeres bis Durur bei Suakin (Pocock).

Buthus (Hottentotta[1]) minax L. Koch.

Syn.: 1875. *Buthus minax*, L. Koch, Ägyptische und Abyssinische Arachniden etc., Nürnberg, Taf. 1, Fig. 2, p. 4.

1883. *Buthus Isseli*, P. Pavesi, Ann. Mus. civ. Genova, XX, p. 96.

1895. *Buthus hottentotta*, P. Pavesi, l. c., XV (XXXV), p. 495.

1899. *Buthus hottentotta minax*, K. Kraepelin, Scorpiones in: »Das Tierreich«, Lief. 8, p. 22.

Fundorte:

Sudan.

1. Khartoum, Jänner 1905; 1 ♂.

2. Dampfer zwischen Khartoum und Duem; 1 ♀.

3. Dampfer zwischen Khor-Attar und Mongalla; 1 ♀ (beide Exemplare unter dem zum Heizen der Dampfer eingetragenen Akazienholz gefunden).

4. Mongalla; 1 ♀.

Nord-Uganda.

5. Gondokoro, März 1905; 2 ♀ ad. + 1 ♂ ad. + 4 ♀ juv. + 2 ♂ juv. (unter alten Stämmen der ostafrikanischen Dumpalme *Hyphene coriacea*).

Die Originalexemplare des *Buthus minax* L. Koch sind nach den Angaben L. Koch's teils in den Grenzen der jetzigen

[1] Subgen. *Hottentotta* nov. Tibien nebst Protarsen sämtlicher Beine zylindrisch; Fußsohle immer mit zwei Reihen stiftähnlicher Dörnchen besetzt; Tarsalsporne wenig entwickelt, Außendorn meist mit rudimentärer Nebenspitze; Klauen klein, hakenförmig; untere Lateralkiele des fünften Caudalsegmentes gleichmäßig gekörnt, mit sich hinterwärts nicht vergrößernden Zähnchen; Superciliarcristen meist glatt.

Typus: *Buthus hottentotta* (Fabr.)

italienischen Kolonie Erythräa in dem Tale des Flusses Anseba (Habab), teils bei Kairo in Unterägypten mitgebracht worden. Der ägyptische Fundort ist jedoch für mich im höchsten Grade zweifelhaft. Nach den Angaben desselben Verfassers stammt von dort, d. h. aus der Gegend von Kairo, auch *Pandinus* (sub *Heterometrus*) *bellicosus* der Jickeli'schen Sammlung. Weder die erste noch zweite Art ist, so viel mir bekannt ist, bisher in Unterägypten wiedergefunden worden und ich glaube, daß hier eine Verwechslung oder ein unrichtiges Lesen der Etiketten (z. B. Kairo statt Keren) stattgefunden hat. Die beiden in Rede stehenden Skorpionenformen gehören ihrer Herkunft nach zur äthiopischen Fauna und sind der Mittelmeerfauna fremd. Wir müssen deswegen für den typischen *Buthus minax* L. Koch die vom Bassin des Flusses Anseba (Habab in Erythräa) stammenden Exemplare annehmen. Ein wenig später (1883) hat Pavesi von dort seine Art *Buthus Isseli* beschrieben, welche ohne Zweifel mit der Koch'schen Art identisch ist.

Dank der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. A. Borelli steht mir eine große Anzahl Exemplare des *Buthus minax* L. Koch aus Ghinda und Adi-Ugu in Abessinien zu Gebote.

Wenn wir nun die zahlreichen, von Herrn F. Werner an den Ufern des oberen Laufes des Nils gesammelten Exemplare mit den oben erwähnten typischen Exemplaren aus Abessinien vergleichen, so wird es uns ganz deutlich, daß sie sich voneinander sehr wenig unterscheiden; z. B. sind die Körnchen in den Cristen des Cephalothorax bei den ersten meist länglich, teilweise miteinander zusammenfließend, während sie bei den abessinischen Exemplaren meist rundlich, voneinander isoliert und sehr ungleich sind. Die männlichen Exemplare unterscheiden sich noch dadurch voneinander, daß bei den abessinischen die Seiten- und Nebenkiele auf den zweiten, dritten und vierten Caudalsegmenten mehr oder weniger deutlich entwickelt sind und meist aus zusammenfließenden Körnchen bestehen; demgegenüber fehlen die oben erwähnten Kiele als auch die Oberkiele, bei den Exemplaren von den Ufern des Nils vollständig, oder sie sind nur leistenförmig, glatt; auch ist bei ihnen die flache Granulierung auf den Seitenflächen des Schwanzes meist nicht mehr zu bemerken; namentlich sind

die genannten Caudalflächen in diesem Falle glatt, glänzend und sehr spärlich fein punktiert.

Wenn nun die weiblichen Exemplare *Buthus minax* mit den Exemplaren der typischen Rasse von *Buthus hottentotta* (Fabr.) aus Westafrika verglichen werden, so verdienen folgende Unterschiede hervorgehoben zu werden:

Buthus hottentotta (Fabr.), ♀ (aus Togo).	*Buthus minax* L. Koch, ♀ (aus Khartoum).
1. Cristen auf dem Cephalothorax perlschnurartig, aus voneinander isolierten, rundlichen, beinahe gleich großen Körnchen bestehend.	1. Cristen auf dem Cephalothorax gut ausgeprägt, aus verlängerten, zum Teil miteinander zusammenfließenden Körnchen bestehend.
2. Auf dem Brachium der Palpen die Längskiele deutlich, perlschnurartig; Zwischenräume fein granuliert.	2. Auf dem Brachium der Palpen die Längskiele wenig entwickelt; hinterer Oberkiel fast obsolet; Zwischenräume beinahe glatt.
3. Oberfläche der Palpenhand deutlich gerieselt.	3. Oberfläche der Palpenhand matt, fast vollständig glatt.
4. Caudalsegmente verlängert; erstes Segment meist so lang wie breit (4·5 : 4·5).	4. Caudalsegmente kurz, breit und hoch; erstes Segment immer deutlich breiter als lang (4·7 : 5·8, 4·6 : 6).
5. Anzahl der Kammlamellen durchschnittlich größer: 23 bis 26.	5. Anzahl der Kammlamellen 21 bis 23.

Die räumliche Kontinuität zwischen dem typischen *Buthus hottentotta* (Fabr.) aus dem tropischen Westafrika und dem *Buthus minax* L. Koch ist meines Wissens bisher noch nicht festgestellt; deswegen kann man nur unter gewissem Vorbehalt annehmen, daß diese beiden *Hottentotta*-Formen zu ein und derselben Art gehören.

Das Hauptareal der Verbreitung des *Buthus minax* nimmt offenbar das ganze Gebiet des oberen Laufes des Flusses Nil

von Khartoum aufwärts bis zu den großen Seen in Zentralafrika ein; auf dieser Strecke sind mir folgende Fundorte bekannt: Khartoum (Junker'sche Sammlung des Petersburger Museums, Sammlung von Herrn F. Werner, auch nach Tullgren Sammlung der Expedition von Jägerskiöld[1]), Duem (Werner), Kaka (Tullgren), Mongalla (Werner), Lado (Pavesi) und Gondokoro (Werner); nach Nordosten von den Grenzen Sudans dringt diese *Buthus*-Art durch das nördliche Abessinien bis zur Küste des Roten Meeres in Erythräa vor, wo folgende Fundorte: Fl. Niama (ein Nebenfluß des Nils) und Moullu (südlich von Harrar, beide Fundorte nach E. Simon), auch Habab (L. Koch) und Assab (Pavesi) erwähnt worden sind.

Die Verwandtschaftsverhältnisse der in Rede stehenden *Hottentotta*-Form zum ostafrikanischen Formenkreise derselben Untergattung, *Buthus trilineatus* (Peters) nebst seinen Verwandten (*Buthus emini* Poc., *Buthus polystictus* Poc. und *Buthus conspersus* Thor.), sind mir ziemlich unklar und ich erlaube mir die Vermutung auszusprechen, daß ein und dieselbe *Hottentotta*-Form Nordostafrikas (Abessinien und Erythräa) von den verschiedenen Autoren bald *Buthus hottentotta minax*, bald *Buthus trilineatus* oder *B. emini* genannt wurde.

Die Sammlung von Herrn Dr. F. Werner enthält eine schöne Serie von *Buthus minax* in allen Altersstufen. Darunter ist das größte Weibchen (zwischen Khor-Attar und Mongalla gefunden) etwa 67 *mm* (Cephalothorax = 7·8 *mm*) lang; das größte Männchen hat eine Körperlänge von 48 *mm*. Zwischen dem Männchen und Weibchen existiert ein ziemlich bedeutender Unterschied hauptsächlich in der Skulptur des Schwanzes.

Das Männchen.	Das Weibchen.
1. Lobus auf den Palpenfingern gut entwickelt.	1. Lobus auf den Palpenfingern obsolet.

[1] A. Tullgren, *Solifugae, Scorpiones* und *Chelonethi* aus Ägypten und dem Sudan in: Results of Swedish Zoological Expedition to Egypt and the White Nile 1901 under the Direction of L. A. Jägerskiöld 1907, 21 A., p. 38.

2. Auf dem zweiten, dritten und vierten Caudalsegment fehlen die oberen Seitenkiele.	2. Auf dem zweiten, dritten und vierten Caudalsegment obere Seitenkiele immer vorhanden und deutlich gekörnt.
3. Obere Kiele der Caudalsegmente 1 bis 4 obsolet oder zusammenfließend gekörnt.	3. Obere Kiele der Caudalsegmente 1 bis 4 sägezähnig.
4. Nebenkiele des vierten Caudalsegmentes fehlen.	4. Nebenkiele des vierten Caudalsegmentes deutlich gekörnt, vollständig oder abgekürzt.
5. Seitenfläche des Schwanzes glänzend, glatt oder uneben (mit kaum merklichen flachen Körnchen bedeckt), punktiert.	5. Seitenfläche des Schwanzes matt, dicht und grob granuliert.
6. Giftblase unten glatt, glänzend.	6. Giftblase unten uneben, meist spitzig gekörnt.

Butheolus aristidis Simon.

Syn.: 1882. *Butheolus aristidis*, E. Simon, Ann. Mus. civ. Genova, XVIII, p. 258, pl. 8, fig. 23.

1903. *Butheolus aristidis*, K. Kraepelin, Zool. Jahrb., Syst. XVIII, p. 563.

Fundort:

1. Unterägypten, Mokattamgebirge bei Kairo, Jänner 1905; 3 ♀ (?).

Diese *Butheolus*-Art, von welcher ich augenblicklich die Gelegenheit habe, drei Exemplare zu untersuchen, wurde in der Literatur mehrfach erörtert. In einer oben angeführten Publikation von Kraepelin (Zool. Jahrb. Syst. 1903, XVIII, p. 563) sind die Unterschiede zwischen *Butheolus aristidis* und *B. melanurus* gründlich aufgeklärt; doch hat der verehrte Verfasser meiner Meinung nach eine zu große Bedeutung dem Vorhandensein der äußeren (flankierenden) Granularreihe auf der Fingerschneide der Palpen beigelegt. Wie ich in einer

früheren Arbeit[1] gezeigt habe, ist dieses Merkmal nicht nur einigen mehr südlichen Lokalrassen von *B. melanurus*, z. B. *B. melanurus persa* Bir., durchaus eigen, sondern solche Granulierung der Fingerschneide kommt manchmal auch bei einigen Exemplaren des typischen *Butheolus melanurus* Kessler aus Transkaspien vor. Eine andere Bedeutung hat dem Anscheine nach das zweite von Kraepelin hervorgehobene Merkmal, das Übergreifen der großgrubigen Punktierung der Seiten des fünften Caudalsegmentes auf die Dorsalrinne desselben. Dies ist, wie es scheint, für *Butheolus aristidis* ein ziemlich festes Merkmal. So lange aber die Verbreitungsareale beider so nahe verwandten Formen nicht vollständig bekannt sind, wird ihre taxonomische Beziehung zueinander immer unklar bleiben.

Die soeben ausgesprochene Meinung hat anscheinend eine Unterstützung in der geographischen Verbreitung beider Formen, soweit sie bis jetzt bekannt sind. *Butheolus melanurus* (Kessler) verbreitet sich nach Westen über ganz Persien; dabei vermute ich, daß als sein westlichster Vorposten ein Fundort in Syrien (Palmyre) erscheint, von wo er unter der Benennung *Butheolus aristidis* von E. Simon angeführt worden ist. Palästina und Petroarabien bilden eine Lücke zwischen den Verbreitungsgebieten beider in Rede stehenden *Butheolus*-Formen; diese Lücke wird meiner Meinung nach mit der Zeit durch neue Fundorte ausgefüllt werden.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, daß der Unterschied zwischen beiden Formen kaum spezifisch ist. Zum Beispiel ist er weit kleiner als zwischen beiden in diesen Zeilen früher erörterten (palästinischen und ägyptischen) Lokalrassen von *Buthus quinquestriatus* (Hem.-Ehr.).

Die Sammlung enthält drei ausgewachsene, anscheinend weibliche Exemplare dieser *Butheolus*-Art; das größte Exemplar von ihnen ist etwa 31·3 *mm* lang (Cephalothorax = 3·7 *mm*); die Anzahl der Kammlamellen ist 15 bis 16. Im Vergleiche mit den gleich großen Exemplaren des typischen *Butheolus melanurus* (Kessler) aus Transkaspien besitzen alle

[1] A. Birula, Bull. Acad. Sc. St. Pétersbourg, 1906 (sér. 1905), vol. XXIII, No. 1—2, p. 145, Anmerkung 8.

drei oben erwähnten Exemplare des *Buthcolus aristidis* nach hinten zu weniger verdickte Schwänze; auch kann man einige Unterschiede in der feineren Skulptur des Chitingerüstes des Körpers bemerken, z. B. sind die Grübchen der Unterseite des vierten und fünften Caudalsegmentes spärlicher verteilt, respektive liegen sie voneinander weiter als beim *B. melanurus*; namentlich ist der Zwischenraum zwischen den benachbarten Grübchen beim *B. aristidis* beinahe zwei- oder dreimal größer als der Durchmesser der Grübchen selbst; dagegen ist er beim *B. melanurus* meist mit dem Durchmesser des Grübchens gleich groß oder manchmal auch kleiner. Außerdem ist beim *B. aristidis* die Körnelung der Oberfläche des Schwanzes im allgemeinen feiner; deswegen besitzen bei ihm die Längskiele, z. B. des dritten Segmentes, eine größere Anzahl Körnchen (z. B. 23 gegen 15) als die des *B. melanurus*.

Familie **Scorpionidae.**

Scorpio palmatus (Hemprich et Ehrenberg).

Syn.: 1829. *Buthus (Heterometrus) palmatus*, Dr. Hemprich und Dr. Ehrenberg, Verh. naturf. Fr. Berlin, p. 351.

1829. *Buthus (Heterometrus) palmatus*, Hemprich et Ehrenberg, Symb. Phys., Scorpiones, No. 1.

1900. *Heterometrus palmatus*, R. Pocock, Ann. Mag. Natur. Hist., vol. VI, p. 363.

Fundort:

1. Unterägypten, Wadi-Natrun; April 1899; 1 ♀ juv.

Leider enthält die Werner'sche Sammlung nur ein einziges Exemplar einer *Scorpio*-Art; es stammt aus Unterägypten. Das erwähnte Exemplar ist außerdem noch nicht erwachsen; es ist etwa 49 *mm* lang (lg. cephalothoracis = 7 *mm* [nach der Mittellinie messend], lg. segm. caud. 5 = 5·8 *mm*, ejus lt. = 2·5 *mm*, lt. max. manus = 6·1 *mm*, lg. manus posticae = 5 *mm*, lg. digit. mob. = 6·5 *mm*), hellgelblich, fast sandfarben, aber mit unten etwas verdunkeltem fünften Caudalsegment; die Oberfläche des Cephalothorax nebst sämtlichen Tergiten und erstem bis

viertem Sternitschildchen ist durchweg glatt und glänzend; es fehlen also die Körnelung (auf den Tergiten) und die Querrunzeln (auf den Sterniten), welche für die männlichen Exemplare aller mediterraneen *Scorpio*-Formen charakteristisch sind. Die Caudalsegmente 2 bis 4 sind gleichfalls glatt und glänzend und mit deutlich entwickelten und granulierten Hauptlängskielen versehen, jedoch ganz ohne eine Andeutung der akzessorischen Längskiele; die Genitalklappen sind im Umrisse zusammen herzförmig, kaum breiter als das Sternum und ein wenig breiter als lang; am Hinterrande, auf der Spitze des Winkels, haben sie eine tiefe triangelförmige Ausrandung, von welcher eine feine Längsrinne zum Vorderrande geht; diese Rinne zerteilt aber die Genitalklappen voneinander nicht vollständig. Die Kämme sind mit 10—11 Lamellen versehen. Auf der Unterseite der Hand ist nur der vordere Teil mit spitzigen Körnchen besäet; die Oberseite der Hand (innenwärts von dem Hauptkiele) ist glänzend und beinahe glatt, da die miteinander zusammenfließenden Runzeln auf derselben sehr flach sind. Beide Fingerkiele sind deutlich entwickelt, leistenförmig, glatt, bräunlich pigmentiert; nur unter der Basis des Fingers sind sie unregelmäßig und grob granuliert.

Die Pocock'sche Einteilung der *Scorpio-* (sub *Heterometrus-*) Formen, respektive -Arten, in Betracht ziehend, müssen wir das Exemplar der Sammlung für die var. *flavus* des echten *Scorpio palmatus* (Hem.-Ehr.) anerkennen. Wie schon Pocock darauf hingewiesen hat, ist *Scorpio palmatus* (Hem.-Ehr.) eine Lokalform speziell Unterägyptens, welche sich ziemlich gut von dem im Westteile Nordafrikas verbreiteten *Scorpio maurus* L. (= *Scorpio testaceus* [C. Koch]) unterscheidet und ihren morphologischen Merkmalen nach mit der syrisch-palästinischen Form *Scorpio fuscus* (Hem.-Ehr.) näher verwandt ist.

Was die Verbreitung des *Scorpio palmatus* im Niltal anbetrifft, so kommt er offenbar nur in Unterägypten vor; die Hemprich Ehrenberg'schen Exemplare stammen aus der Umgegend Alexandrias, die Pocock'sche aus Kairo.

Solifugae.

Familie **Galeodidae**.

Galeodes arabs C. Koch.

Syn.: 1848. *Galeodes arabs*, C. Koch, Arachn., vol. 15, p. 85, taf. 78, fig. 1476.

1901. *Galeodes arabs*, K. Kraepelin, Solifugae in: Das Tierreich, Lief. 12, p. 21.

1904. *Galeodes arabs*, A. Birula, Ann. Mus. Zool. St. Petersburg, vol. IX, p. 13 und 14.

Fundorte:

1. Sudan, Khartoum, Jänner 1905; 2 ♀ ad. + 1 ♂ ad. (deff.).

2. Unterägypten, Barrage bei Kalioub, 17. August 1904; 1 ♀ juv.

Die Sammlung enthält vier Exemplare dieser *Galeodes*-Art, von denen drei (2 ♀ und 1 ♂) große erwachsene Exemplare aus dem Sudan und ein junges Weibchen aus Unterägypten stammen. Für die Art sind sie typisch gestaltet und unterscheiden sich nicht von den mir zur Verfügung stehenden Exemplaren derselben Art aus Nordostafrika. Alle Exemplare der Sammlung sind ziemlich hell gefärbt; z. B. sind die Palpen und die Beine 4 bei ihnen auf den Tibien und Metatarsen nur ganz hellgrau beraucht. Das größte Weibchen hat eine Körperlänge von etwa 52 *mm*; Stirnbreite = 11·7 *mm*, Länge der Mandibel = 14 *mm*, Länge der Palpentibia = 15·6 *mm*.

Im Gegensatze zur Meinung von Pocock und Kraepelin kann ich nicht annehmen, daß die Figuren 7 etc. auf der Tafel VIII des Atlasses zu »Description de l'Égypte« von Savigny eine Abbildung von *Galeodes arabs* C. Koch darstellen. Die *Galeodes*-Art, welche darauf abgebildet ist, hat eine Reihe Merkmale, welche dem *Galeodes arabs* C. Koch fehlen. Auf beiden Totalfiguren ist offenbar ein Weibchen abgebildet; es hat z. B. keinen dunklen Längsstreifen auf der Rückenseite des Abdomens; bei ihm ist auch die Bewaffnung der Palpen auf dem Metatarsus von der des *Galeodes arabs*

ganz verschieden, da die Unterseite des Palpenmetatarsus, wie dies aus der Zeichnung 7, 3) zu ersehen ist, nicht mit Dornborsten, sondern mit stiftähnlichen Dornen besetzt ist.

Familie **Solpugidae.**

Solpuga quedenfeldti Kraepelin.

Syn.: 1899. *Solpuga quedenfeldti*, Kraepelin K., Mitt. Mus. Hamburg, vol. 16, p. 214, taf. 1, fig. 2.

1901. *Solpuga quedenfeldti*, Kraepelin K., Solifugen, Das Tierreich, p. 67, Lief. 12.

Fundort:

1. Unterägypten, Wadi-Natrun, April 1899, 1 ♀ ad.

Ein einziges weibliches *Solpuga*-Exemplar der Sammlung entspricht fast ganz genau der Kraepelin'schen Beschreibung dieser bis jetzt nur aus Marokko bekannten Art; beim ägyptischen Exemplar ist die Unterseite der Palpenmetatarsen beinahe kahl; sie ist nur ganz spärlich mit feinen kurzen Haaren und längeren Börstchen bedeckt. Durch die helle, fast sandgelbe Färbung des ganzen Körpers nebst den Palpenmetatarsen, durch das Fehlen der stiftähnlichen Börstchen, sogenannter Bazillen auf der Unterseite dieser letzten Glieder und durch eine merkliche Lücke zwischen dem Zwischenzahn und dem Hauptzahn des Oberfingers der Mandibeln unterscheidet sich das Exemplar der Sammlung ganz gut von der einzigen für die ägyptische Fauna bisher erwähnten *Solpuga*-Art, *Solpuga flavescens* C. Koch, von der zahlreiche Exemplare aus Tunis mir augenblicklich zu Gebote stehen.

Den Umstand in Betracht ziehend, daß die weiblichen Exemplare der Solifugenarten sich im allgemeinen sehr wenig voneinander unterscheiden, kann ich nicht endgültig behaupten, daß das *Solpuga*-Exemplar der Werner'schen Sammlung artlich zur *Solpuga quedenfeldti* Krpl. gehört; es ist aber mit ihr am nächsten verwandt. Solange noch die männlichen Exemplare nicht bekannt sind, ist eine sichere Determinierung unmöglich.

Das Exemplar der Sammlung hat eine Körperlänge von 40 *mm*, die Breite des Vorderrandes des Kopfes = 7 *mm*, die Länge der Mandibel = 10·3 *mm*; der ganze Körper nebst den sämtlichen Extremitäten ist hell sandfarben ohne irgendwelche dunklen Flecke und Binden außer der braunrötlichen Bezahnung der Mandibeln und den schwarzen Ringen um die Augen herum. Die Bezahnung der Mandibel ist augenscheinlich typisch gestaltet.

Daesia ehrenbergi (Karsch).

Syn.: 1880. *Biton Ehrenbergii*, F. Karsch, Arch. f. Naturg., vol. 46 (I), p. 240, taf. 10, f. 23.

1901. *Daesia ehrenbergi*, K. Kraepelin, Solifugen in: Tierreich, Lief. 12, p. 96.

Fundorte:

1. Unterägypten, Gizeh, 16. August 1904; 1 ♀.
2. Oberägypten, Insel Elephantine, Nachtfang; 1 ♀.

Von den drei *Daesia*-Arten, die für die ägyptische Fauna erwähnt worden sind, ist das Weibchen nur für eine einzige Art, *Daesia ehrenbergi* (Karsch), bekannt und kenntlich beschrieben worden; das Weibchen von *Daesia livida* (Simon) ist noch nicht bekannt. Was die Pocock'sche *Daesia bellula* anbetrifft, so sind nur die Färbungsunterschiede von der nahe verwandten *Daesia ehrenbergi* für sie angegeben worden. Da aber die diagnostische Bedeutung der gleichen Merkmale für die *Daesia*-Arten ziemlich zweifelhaft ist, so ist deswegen das Weibchen von *Daesia bellula* ebensogut wie unbekannt.

Beide Exemplare der Sammlung gehören meiner Meinung nach zur wohlbekannten ägyptischen Art *Daesia ehrenbergi* (Karsch). Das größere Exemplar von ihnen ist in Oberägypten auf der Insel Elephantine erbeutet worden; es ist im allgemeinen für die Art typisch gestaltet und gefärbt, d. h. es hat eine Andeutung des dunklen Rückenstreifens und die ganz typisch gestaltete Mandibularbezahnung; nur die Palpentarsen sind zum Grunde zu ein wenig verschmälert. Seine Körperlänge beträgt ungefähr 18 *mm* (der Vorderrand des Kopfes ist

4 *mm* breit; die Länge der Palpentibia = 3·7 *mm*; die Länge des Palpenmetatarsus + -tarsus = 4·5 *mm*; die Mandibel ist 4·7 *mm* lang). Auf den Fußsohlen ist es rötlich beborstet. Ein anderes Exemplar aus Gizeh ist etwa 16 *mm* lang (der Vorderrand des Kopfes ist 4 *mm* breit; die Länge der Mandibel = 4 *mm*; die Länge der Palpentibia = 3·2 *mm* und der Palpenmetatarsus + -tarsus = 3·4 *mm*). Es ist durchweg sandfarben, d. h. ohne dunkle Flecken auf dem Kopfe und den Extremitäten; nur der Bauch ist gelblichgrau gefärbt, jedoch ohne dunklen Längsstreifen auf dem Rücken. Die Fußsohlen sind gelblich beborstet; die Bezahnung der Mandibeln ist gleichfalls typisch gestaltet. Der Palpentarsus ist zum Grunde zu nicht verschmälert, zylindrisch.

Die Perzeption der Lichtrichtung im Laubblatte mit Hilfe der Randtüpfel, Randspalten und der windschiefen Radialwände

von

Karl Gaulhofer,

Assistent am k. k. botanischen Institute der Universität Graz.

Aus dem botanischen Institute der Universität Graz.

(Mit 6 Doppeltafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. April 1908.)

Nach den Untersuchungen Haberlandt's[1] kennen wir zwei Haupttypen von Lichtsinnesorganen; den der glatten und den der papillösen Epidermis.

Bei der letzteren ist entweder die Außenwand der Epidermiszellen in ihrer Gesamtheit vorgewölbt oder sie trägt in ihrer Mitte eine linsenförmige Verdickung. In beiden Fällen wirkt sie lichtsammelnd und erzeugt auf den Innenwänden ein helles Mittelfeld, das sich dem wechselnden Lichteinfall folgend gesetzmäßig verschiebt.

Die gleiche Wirkung, aber in viel geringerer Intensität erzielt die glatte Epidermis durch vorgewölbte Innenwände. Als physikalisches Prinzip kommt hier nicht die Brechung in Betracht, sondern die Tatsache, daß auf eine schräg beleuchtete Fläche eine kleinere Lichtmenge fällt als auf eine der senkrechten Bestrahlung ausgesetzte von gleicher Größe.

[1] Die Perzeption des Lichtreizes durch das Laubblatt. Ber. der deutschen bot. Gesellsch. Bd. XXII, 1904, Februarheft. — Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter, Leipzig, W. Engelmann, 1905.

Nun hatte es nach Haberlandt's Untersuchungen ganz den Anschein, als ob die optischen Einrichtungen der Lichtsinnesorgane auf die erwähnten zwei Typen beschränkt wären, daß also im ganzen Organismenreiche die Lichtperzeptionsorgane nach dem gleichen physikalischen Grundschema gebaut wären. Als dann von Seefried, Sperlich[1] u. a. eine größere Anzahl einheimischer und Tropenpflanzen auf Lichtsinnesorgane hin untersucht wurden, konnte man in dieser Meinung nur bestärkt werden. Trotz der großen Mannigfaltigkeit des Baues kann man jede untersuchte Pflanze zu einem der Haberlandt'schen Typen stellen.

Nun blieb aber eine Reihe von Pflanzen mit transversalheliotropischen Blättern übrig, deren Epidermen sowohl ebene Außen- als auch ebene Innenwände besitzen, so daß man sich über die Art der Lichtperzeption in solchen Blättern keine Vorstellung bilden konnte.

Ich habe eine Anzahl derartiger Pflanzen untersucht und es gelang mir, auch in diesen streng tafelförmigen Zellen Einrichtungen nachzuweisen, die gesetzmäßige Beleuchtungsunterschiede hervorrufen und daher nach Haberlandt's Theorie die Wahrnehmung der Lichtrichtung ermöglichen.

Haberlandt[2] hat darauf aufmerksam gemacht, daß bei vollkommen tafelförmiger Gestalt der Zellen eine Helligkeitsdifferenz bei schräger Beleuchtung zwar durch den Schatten entsteht, den die Radialwände auf die Innenwände werfen, daß sie aber infolge der großen Durchsichtigkeit der Wände kaum von wahrnehmbarer Größe sein kann. Nun absorbieren die Wände das Licht allerdings sehr wenig, aber sie brechen es stark, meist bedeutend stärker als der Zellsaft. Alles Licht also, das, in die Zellwand eingedrungen, an ihre Grenze mit dem Zellsaft gelangt, wird nur bis zu einem ganz bestimmten Einfallswinkel, dem Grenzwinkel, durchgelassen. Schräger einfallende Strahlen werden total reflektiert.

[1] Sperlich, Die optischen Verhältnisse in der oberseitigen Blattepidermis tropischer Gelenkpflanzen. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXVI, Abt. I, April 1907. — Seefried, Über die Lichtsinnesorgane der Laubblätter einheimischer Schattenpflanzen. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXVI, Abt. I, Juli 1907.

[2] Lichtsinnesorgane der Laubblätter, p. 40 bis 41.

Da die Gestalt der Radialwände die Reflexion sehr begünstigt, entsteht also auf der Innenwand neben der gleich einem Spiegel wirkenden Radialwand eine dunkle Zone. In vollkommener gebauten Epidermen werden die Radialwände in dieser Funktion durch Randtüpfel unterstützt oder ersetzt, die bei vielen derben Blättern mit ebenen Epidermisaußenwänden auftreten. Eine noch höhere Vollkommenheit wird durch die »Randspalten« erreicht. Diese drei Typen sind nun nicht nach dem Prinzip der Strahlenbrechung und -sammlung, sondern nach dem der totalen Reflexion konstruiert, wie im folgenden ausgeführt werden soll. Der endliche Erfolg ist aber ganz derselbe. Die Randtüpfel und Randspalten, denen die physiologische Anatomie bisher keine plausible Funktion zuzuweisen vermochte, betrachte ich also bei den von mir untersuchten Blättern als im Dienste der Lichtperzeption stehende Einrichtungen.

Die untersuchten Pflanzen sind zum größten Teile Herbarexemplare aus dem Herbarium Monacense;[1] für ihre liebenswürdige Überlassung sage ich Herrn Professor Radlkofer auch an dieser Stelle meinen besten Dank. Was an lebenden Pflanzen untersucht wurde, stammt aus dem Gewächshause des Grazer botanischen Gartens.

I. Blätter mit Randtüpfeln.

Banisteria splendens Dec.

1. *Ban. splendens* gehört zu den Malpighieen. Sie besitzt derbledrige, glatte Blätter, die sich sehr vollkommen in die fixe Lichtlage einstellen, indem der kurze, dicke Blattstiel kräftige Krümmungen und Drehungen ausführt.

Die Epidermiszellen haben im allgemeinen die Gestalt flach tafelförmiger Prismen. In der Oberflächenansicht Taf. I, Fig. 3, zeigen sich die Seitenwände nur ganz schwach gewellt. Die polygonalen Zellen sind oft etwas in die Länge gezogen

[1] Im Texte durch ein H. M. kenntlich gemacht.

(Länge = 26 bis 42 μ, Breite 16 bis 28 μ, Höhe 18 bis 24 μ). Die Außenwand ist 7 bis 9 μ dick, also etwa ein Drittel der Zellhöhe. Ihre Außenfläche ist eben oder in geringem Maße konvex. Gegen das Zellumen ist die Wandbegrenzung im allgemeinen konkav (Taf. I, Fig. 1, 2). Bei nicht ganz hoher Einstellung fallen auf Flächenschnitten sofort die schon mehrmals beschriebenen Randtüpfel auf (Fig. 3, Taf. I). Sie verlaufen in allen Buchten der schwach gewellten Radialwände schräg nach außen und oben. Bald sind es feine trichterförmige Kanäle, die die Außenwand zu etwa zwei Dritteln durchsetzen, bald kurze Spalten, ja in manchen Zellen begleitet ein solcher Randspalt eine ganze Seitenwand (10 bis 20 μ lang). Die Tüpfel sind ziemlich regelmäßig am Umfange der Epidermiszellen angeordnet. Näheren Aufschluß über ihre Form geben Querschnitte durch das Blatt (Taf. I, Fig. 1, 2). Diese zeigen vor allem, daß die Tüpfel immer unter etwa 60° schräg nach oben und außen verlaufen. Sie verjüngen sich ihrem Ende zu. Ihre Mündung ins Lumen ist etwa 3 bis 6 μ breit, die Länge beträgt 6 μ. An die innere Begrenzung der Epidermisaußenwand und an die Radialwände schließen sie nicht kantig an, sondern gehen mit einer kräftigen Rundung in dieselben über. Ebenso treten auch zwischen benachbarten Zellen konvexe Wandstücke auf, wie man aus Schnitten, die nahe einer Seitenwand parallel zu dieser geführt wurden, ersieht (Fig. 2, Taf. I). Die Tüpfel benachbarter Zellen alternieren.

In manchen Zellen treten eigenartige cystolithenartige Verdickungen der Außenwand auf, die meines Wissens noch nicht beschrieben worden sind. In der Oberflächenansicht Fig. 4, Taf. I, fallen sie als scharf begrenzte, kreisrunde bis elliptische oder unregelmäßige Körper auf, die infolge ihres starken Lichtbrechungsvermögens hell aufleuchten. Ihr längerer Durchmesser beträgt 5 bis 20 μ, der kürzere 5 bis 16 μ. Meist liegen sie exzentrisch, sehr selten in der Mitte der Zellwände. Oft schließen die Verdickungen beiderseits an die Radialwände an und erzeugen so mannigfach geformte Doppelbildungen. Stellenweise lassen sie eine feine zentrische Schichtung erkennen.

Am Querschnitte Fig. 5, 6, Taf. I, fällt vor allem ihre beträchtliche Größe auf. In einer 19 μ hohen Zelle z. B. betrug

die Dicke der Außenwand samt Verdickung 16 μ, in einer 20 μ hohen 14 μ.

Die Ähnlichkeit mit Cystolithen tritt besonders dann hervor, wenn man einen schmäleren Teil, den Stiel, und einen beerenartig in das Lumen ragenden Körper unterscheiden kann (Taf. I, Fig. 6.) Häufig kommt es aber nur zu einer mehr minder konvexen Vorwölbung ohne Stielteil. Schichtung läßt sich auch am Querschnitte recht gut beobachten; mit besonderer Deutlichkeit tritt aber immer eine ziemlich breite äußerste Lamelle hervor, die sich in die stark lichtbrechende Innenlamelle der Epidermiszellen fortsetzt.

Nach Zusatz von Chlorzinkjod unterscheidet man an der Außenwand eine derbe Cuticula, die breite Cuticularschicht und die ebenso wie die Wandverdickungen farblos bleibenden Innenlamellen. Die Schichtung der Verdickungen wird etwas deutlicher. Die Untersuchung in konzentrierter Schwefelsäure mit 20 bis 30prozentiger Chromsäure ergab, daß die Wandverdickungen sowohl als die Innenlamellen verkieselt sind. Die übrigbleibenden Kieselkörper zeigten recht mannigfaltige Formen, von denen einige in den Fig. 7*a*, *b*, *c*, *d*, Taf. I, wiedergegeben sind. Die äußerste Schicht der Kieselpfropfen erscheint immer besonders differenziert.

Die Seitenwände sind in ihrer unteren Hälfte 1 bis 1·5 μ dick, verdicken sich nach oben bedeutend und gehen ohne scharfe Grenze in die Außenwände über. Die schwache Wellung, an der auch die zarten Teile einigermaßen mitbeteiligt sind, wurde schon früher erwähnt. Die Wände sind kutinisiert und in ihren äußersten Schichten, manchmal in ihrer Gänze, verkieselt.

Die Innenwände endlich sind immer dünn (1 bis 2 μ) und eben. Mitunter zeigen sie allerdings eine unbedeutende Vorwölbung gegen die Palisaden. Unter 50 Zellen sind aber höchstens vier mit einigermaßen deutlich gewölbter Wand.

Erwähnt muß schließlich noch werden, daß die Kieselamelle auch die Randtüpfel- und spalten auskleidet.

Der Zellsaft ist hell, durchsichtig und beiläufig vom selben Brechungsvermögen wie das Wasser.

Die Blattunterseite ist dicht seidig behaart. Die Epidermisaußenwände sind dünn und ohne Randtüpfel.

2. Wie kommt nun bei *B. splendens* die Perzeption der Lichtrichtung zustande?

Die Form der Innenwände vermag Helligkeitsunterschiede nicht herbeizuführen, da sie ja zum größten Teile eben, zum anderen aber zu schwach vorgewölbt sind.

Jene Außenwände, die keine Kieselwülste aufweisen, sind zur Lichtkonzentration nicht geeignet; sie müssen sogar lichtzerstreuend wirken. Von den bekannten Linsenbildern ist daher beim optischen Versuche nichts zu merken. Aber auch die Zellen mit Kieselbildungen geben keine wirksamen Bilder. Erstens liegen die Verdickungen, wie schon erwähnt, fast nie in der Mitte der Zellen. Zweitens sind sie im Verhältnis zum Zellumen so groß, daß ihr Brennpunkt tief im Assimilationsgewebe liegt. Auf den Innenwänden ist kaum ein Helligkeitsunterschied zu merken. Wo aber dennoch, etwa durch besonders kleine Linsen, ein charakteristisches Linsenbild zustande kommt, kann es infolge seiner exzentrischen Lage zur Lichtperzeption nichts beitragen. Die Kieselpfropfen, mit denen übrigens höchstens 9% aller Epidermiszellen versehen sind, können daher für die Perzeption nicht in Betracht kommen.

Es erscheint hier also keine der durch Haberlandt beschriebenen dioptrischen Einrichtungen verwirklicht, die Perzeption erfolgt vielmehr in eigenartiger Weise mit Hilfe der Randtüpfel.

Stellt man beim Haberlandt'schen Versuch bei senkrecht einfallendem Lichte genau auf die Innenwände der Epidermiszellen ein, so sieht man den ganzen Umfang der Zellen nahe den Radialwänden mit dunklen Flecken in geringen Abständen besetzt (Taf. I, Fig. 8). Ihr von der Zelle aus radialer Durchmesser beträgt 1 bis 7 μ, der tangentiale 5 bis 8 μ. Mitunter treten bis zu 20 μ lange dunkle Bänder auf. Zwischen ihnen beobachtet man 3 bis 5 μ breite helle Zwischenräume. Die übrige Wand ist gleichmäßig hell. Durch Drehen an der Mikrometerschraube kann man sich überzeugen, daß die dunklen Flecke genau über den Randtüpfeln auftreten. Jedem

Randtüpfel entspricht ein ähnlich geformter, sehr dunkler Fleck auf der Innenwand; über den Randspalten treten also die Bänder auf.

Verschiebt man nun den Spiegel, so verschieben sich auch die Flecke. Die auf der Einfallseite des Lichtes liegenden rücken immer breiter gegen die Wandmitte vor (Radialdurchmesser 8 bis 12 μ), verschmelzen teilweise miteinander zu einer sehr dunklen Zone, die von der Seitenwand kaum merklich abrückt; die auf der anderen Seite gelegenen Flecke werden dagegen immer kleiner und heller und verschwinden endlich ganz (Taf. I, Fig. 9).

Es treten also auch hier vollkommen gesetzmäßig wechselnde Intensitätsunterschiede auf, und zwar in derselben Verteilung wie bei den bisnun bekannten Perzeptionseinrichtungen. Bei senkrechtem Lichteinfalle bilden die Flecke eine dunkle Randzone, das Mittelfeld bleibt hell, bei schrägem Lichte wird die dunkle Randzone auf der Lichteinfallseite breiter, auf der gegenüberliegenden schmäler, so daß also auch hier das helle Mittelfeld gegen die dem Licht abgekehrte Wand rückt. Die gleichen Bilder erhält man, wenn man die Schnitte in Wasser auf dem Objektträger untersucht.

3. Die physikalische Erklärung dieser auffallenden Erscheinung ist in den Konstruktionen Fig. 40, 41, Taf. IV, und Fig. 42, Taf. V, enthalten.

Eine Epidermiszelle mit einem gut getroffenen Randtüpfel wurde bei homogener Immersion möglichst genau gezeichnet, dann unter strenger Beibehaltung der richtigen Verhältnisse vergrößert und schematisiert. Die Vergrößerung beträgt etwa 6500. Es wurde in den Zeichnungen nur die Radialwand mit den anschließenden Wandstücken und einem Randtüpfel r wiedergegeben. Die Konstruktion des Strahlenganges am Tüpfel wurde mit Hilfe der Zweikreisemethode [1] genau durchgeführt. Als Brechungsexponenten des Zellsaftes habe ich dabei den des Wassers $^4/_3$ gewählt. Für die Zellwand nahm

[1] Lommel, Experimentalphysik, Leipzig 1904, p. 460.

ich $^3/_2$ an. Dieser Exponent ist wohl etwas zu niedrig gegriffen, da Schiller[1] als kleinste Exponenten 1·53 und 1·522 für Fasern von *Agave americana* gefunden hat. Bei *Banisteria splendens* ist aber, wie schon beschrieben, die Innenlamelle der Außenwand verkieselt. Ich habe der Einfachheit halber die Wände als optisch durchwegs gleichartige Körper mit dem sicher etwas zu niedrigen Brechungsexponenten des Glases $^3/_2$ aufgefaßt. Für den Strahlengang aus der Zellwand in den Zellsaft ergibt sich also, daß $n = {}^8/_9$.

In Konstruktion Fig. 40, Taf. IV, wird der Strahlengang am Randtüpfel r bei senkrechtem Lichteinfalle dargestellt. Wären keine Randtüpfel vorhanden, so würden die Außenwände als Zerstreuungslinsen wirken, da ihre Innengrenze einen viel kleineren Krümmungsradius aufweist als die Außenfläche. Die Strahlen 2, 6, 7 werden nur durch die konvexe Außenwand zerstreut.

Jene Strahlen nun, die auf die Tüpfelwände treffen, werden zum Teil total reflektiert und dringen gar nicht in das Zellumen ein. In der Konstruktion wurden die total reflektierten Strahlen durch volle Linien besonders hervorgehoben. Das Wandstück v, s, t, wirkt also gleich einem Spiegel. Der Strahl 4 fällt gerade unter dem Grenzwinkel auf, tritt also in der Tangente in das Lumen. Die Strahlen 4 bis 6 werden durch das konvexe Wandstück $t\,z$ gesammelt und von der Seitenwand abgelenkt. 5 erreicht die Innenwand am nächsten der Seitenwand bei b. Von b bis a trifft nun kein einziger Strahl die Innenwand. Das Wandstück $c\,a$ ist durch die Strahlen zwischen 1 und 3 schwach beleuchtet. Vereinzelte Strahlen, z. B. 1 werden an den Wänden der Nachbarzelle total reflektiert und dringen durch die Seitenwand ein. Ein besonderer Lichteffekt kommt diesen verirrten Strahlen nicht zu.

Aus der Konstruktion ergibt sich also folgende Verteilung der Beleuchtungsintensitäten auf der Innenwand. Zunächst den Seitenwänden tritt eine sehr schmale, beleuchtete Zone $c\,a$ auf, dann folgt eine 33 *mm* breite, dunkle Zone $a\,b$, was in natürlicher

[1] J. Schiller, Optische Untersuchungen von Bastfasern und Holzelementen. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXV, 1906, p. 1623 bis 1659.

Größe einer 5 μ breiten Zone entspricht,[1] die übrige Innenwand ist hell beleuchtet.

Eigentlich hätte ich den Strahlengang räumlich mit Hilfe der darstellenden Geometrie konstruieren müssen, nahm aber wegen der unverhältnismäßigen Schwierigkeit davon Abstand. Konstruktion 40 hat daher vorerst nur für den dargestellten speziellen Tüpfelschnitt Geltung. Jeder beliebige, mit dem dargestellten parallele Schnitt durch einen Tüpfel wird aber im wesentlichen dieselbe Form haben. Ist *r* eine Spalte, so gilt die Konstruktion ohne weiteres für jeden solchen Schnitt. Unter der Spalte muß also ein dunkles Band von der Breite *a b* auftreten. Ist *r* aber ein sich verjüngender Tüpfel, so werden sich die Parallelschnitte nur durch das abgerundete Ende und geringere Größe unterscheiden. Dementsprechend wird auch die dunkle Zone kürzer ausfallen; die Gesamtheit all dieser Schnitte, das ist eben der ganze Tüpfelkanal, erzeugt also einen runden, dunklen Fleck auf der Innenwand mit dem größten Radialdurchmesser *a b*.

Da die Wandstücke zwischen den einzelnen Tüpfeln konvex sind, müssen sie Licht sammeln und hellere Stellen zwischen den dunklen Flecken erzeugen.

Auch das helle Aufleuchten der Radialwände kann man sich aus der Konstruktion erklären. Eine Reihe von Strahlen (in der Figur dicker) wird am Wandstücke *u s* total reflektiert, ebenso aber an dem dünnen Teile der Radialwand, in der sie eine Strecke weit geradezu eingefangen werden, so daß sie erst an ihrem unteren Ende austreten können; daher das Leuchten.

In der zweiten Konstruktion Fig. 41, Taf. IV, fällt das Licht unter 45° von links ein. Obwohl die Fläche an der nunmehr total reflektiert wird, nicht größer als in Konstruktion 40 ist, fällt die dunkle Zone *a b* bedeutend größer aus, da die durchgelassenen Strahlen einen viel weiteren Weg bis zur Innenwand zurücklegen müssen und sie daher in starker Divergenz treffen. Die Grenzstrahlen 7 und 4 sind nunmehr um 80 *mm* voneinander entfernt (nat. Größe 12 μ). Auch *c a* ist

[1] Genaue Messungen ergaben eine Länge der Zone von 4 bis 7 μ. Die Übereinstimmung mit der Konstruktion ist also groß.

etwas länger geworden. Die Strahlen zwischen 1 und 2 dringen nach Brechung oder totaler Reflexion aus der Nachbarzelle herüber, beeinträchtigen aber infolge ihrer starken Zerstreuung die Dunkelheit des Feldes nicht. Alles von der räumlichen Anwendbarkeit der planimetrischen Konstruktion bei Erklärung der Fig. 40 Gesagte gilt auch hier. Konstruktion 41 verlangt also, daß die dunkle Zone an der Lichteinfallseite bis zu 12 μ groß wird und etwas von der Radialwand abrückt. Das entspricht sehr genau dem Tatbestande, da die dunklen Flecke wirklich etwas von der Wand abrücken und 8 bis 12 μ breit werden.

In Konstrukton Fig. 42, Taf. V endlich wird der Tüpfel unter 45° von rechts her belichtet. Totale Reflexion tritt jetzt nicht mehr auf. Alle Strahlen erreichen nach verschiedenen Brechungen die Innenwände. Die Strahlen 1 bis 2 dringen in die Nachbarzelle ein und tragen zur stärkeren Beleuchtung der hellen Zwischenzonen bei, da ja die Tüpfel alternieren. Daher erscheint das Bild wohl auch bei schräger Beleuchtung kontrastreicher.

Für die schräge Beleuchtung ergibt sich also aus den Konstruktionen 41 und 42 folgendes: Wenn ein linksschiefer Tüpfel von links, beziehungsweise ein rechtsschiefer von rechts her beleuchtet wird, so wird sein dunkler Fleck auf der Innenwand verbreitert; wird aber ein linksschiefer Tüpfel von rechts, beziehungsweise ein rechtsschiefer von links getroffen, so tritt nur Brechung der Strahlen auf. Der dunkle unbeleuchtete Fleck verschwindet. Für das Zustandekommen gesetzmäßiger Verschiebungen ist es nun außerordentlich wichtig, daß die Tüpfel und Spalten immer schräg nach außen und oben gerichtet sind. Bei jedem beliebigen schrägen Lichteinfalle müssen also die dem Lichte zugekehrten Tüpfel breitere Flecke als bei senkrechtem Lichte erzeugen, während die Reflexionen an den abgekehrten bei immer schräger werdendem Lichte allmählich verschwinden.

Durch den anatomischen Bau und die totale Reflexion an den Tüpfelwänden lassen sich also die unbeleuchteten Flecke und ihre gesetzmäßige Verschiebung in ausreichender Weise erklären.

Da die Totalreflexion durch ein anderes Außenmedium als Luft nicht wesentlich geändert wird, lassen sich die beschrie-

benen Erscheinungen auch in Wasser auf dem Objektträger beobachten.

Hyperbaena domingensis Benth. (H. M.).

Diese Menispermacee besitzt flache Blattspreiten, die an ziemlich langen Stielen sitzen. Diese tragen oben ein Gelenk. Wir haben es also aller Wahrscheinlichkeit nach mit einem transversalheliotropischen Blatte zu tun. Die obere Epidermis besteht aus platten, tafelförmigen Zellen, die 34 bis 50 μ lang, 26 bis 30 μ breit und etwa 32 μ hoch sind. Die vollkommen ebenen Außenwände sind etwa 10 μ dick und lassen eine Cuticular- und eine Celluloseschichte unterscheiden, beide von hohem Lichtbrechungsvermögen. Die ebenfalls plane Innenwand ist 1 bis 1·5 μ dick. Die unten 1 μ dicken Radialwände tragen 3 bis 5 μ starke Cuticularleisten. Sie zeigen sich in der Oberflächenansicht gewellt, und zwar ist die äußere Ansatzlinie stärker gewellt als die innere. Dadurch wird die Radialwand abwechselnd rechtsschief und linksschief. In den Wellenbuchten treten Randtüpfel auf, einfache Kanäle von der in Fig. 10, Taf. I dargestellten Form. Meist sind sie 4 bis 6 μ lang und münden 2 μ breit ins Lumen. Ihr Ende ist etwas abgerundet. Der Durchschnitt ist nahezu kreisrund, wie man an Oberflächenschnitten bei etwas tieferer Einstellung leicht sieht.

Das physikalische Experiment zeigt die hohe Leistungsfähigkeit dieser Tüpfel. Bei senkrechtem Lichte beobachtet man in Abständen von 2 bis 4 μ 4 μ breite und 5 μ lange Flecke mit auffallend scharfen, geradlinigen Seitengrenzen (Fig. 11, Taf. I). Bei schrägem Lichte werden sie 8 bis 10 μ lang, auf der Gegenseite verschwinden sie völlig (Fig. 12, Taf. I).

Alles über die physikalische Begründung bei *Banisteria splendens* Gesagte hat natürlich auch hier volle Gültigkeit.

Die untere Epidermis hat im wesentlichen denselben Bau wie die obere. Nur sind alle Dimensionen geringer. Es bleiben daher auch hier infolge Totalreflexion an den Tüpfelwänden Stellen der Innenwände unbeleuchtet. Die Tüpfel sind aber doch unvollkommener gebaut, da die Flecke weit heller er-

scheinen und manchmal sogar einer Wand oder einer ganzen Zelle fehlen.

Pycnarrhena pleniflora Miers. (H. M.).

Auch *P. pleniflora* hat eine flache Blattspreite an langem Stiele, der ein nahezu kugeliges Gelenk trägt.

Die geräumigen Epidermiszellen (30 bis 46 μ lang, 18 bis 30 μ breit, 18 μ hoch) besitzen vollkommen ebene Außen- (6 μ) und Innenwände (1 bis 1·5 μ). Die Radialwände sind bei hoher Einstellung in scharfe, kurze Wellen gelegt, so daß die Randtüpfel nahe aneinander zu liegen kommen. An die Innenwände setzen sie in sanfteren Wellen an. Als Erfolg ergibt sich wieder die abwechselnd schiefe Stellung der Radialwände.

Die Randtüpfel sind 6 bis 7 μ lang und 3 bis 5 μ breit, am Ende stark abgerundet, also von etwa glockenartiger Form (Fig. 13, Taf. I).

Bei senkrechtem Einfalle wird daher die Reflexion hauptsächlich an den in der Fig. 13 nicht sichtbaren vorderen und hinteren Tüpfelwänden erfolgen müssen, die viel steiler sind.

Bei schrägem Lichte werden die Strahlen aber auch ausgiebig von der oberen und unteren Tüpfelwand reflektiert. Außerdem wirken die Radialwände infolge ihrer gleichsinnigen Neigung reflektierend und tragen so zur Erzeugung der dunklen Zonen bei.

Der optische Versuch gelingt sehr gut. Besonders bei schrägem Lichte entstehen breite, dunkle Streifen.

Auch die Blattunterseite hat Randtüpfel, aber von geringer Wirksamkeit. Nur bei sehr schrägem Lichte beobachtet man schmale, dunkle Streifen in der Nähe der Radialwände.

Matayba arborescens Radlk. (H. M.).

Die flachen, derben Blätter sind ziemlich groß; ein besonderes Gelenk ist nicht ausgebildet.

Die durchschnittlich 18 μ hohen Epidermiszellen besitzen 4 bis 6 μ dicke Außenwände, die vollkommen eben sind und sich durch auffallend starkes Lichtbrechungsvermögen auszeichnen. Auch die Innenwände sind vollkommen eben. Die

Radialwände zeigen wieder die charakteristische Wellung, sind aber nicht besonders schräg orientiert.

Die optische Wirkung ist also wohl auf die Tüpfelkanäle beschränkt, die ziemlich weit sind (Mündung 3 μ) und sich gegen das runde Ende etwas verjüngen (2 μ). Meist sind sie etwa 3·5 bis 4 μ lang und gehen unter 40° von der Zelle nach außen und oben.

Die Cuticularleisten sind unterhalb des Tüpfelanschlusses stark konvex, wodurch infolge von Strahlensammlung in der Nähe der Seitenwände schmale, helle Streifen entstehen.

Die Tüpfel erzeugen große runde Flecke in geringen seitlichen Abständen.

Die Epidermis der Blattunterseite hat sehr niedrige (10 μ) Zellen mit dünnen Außenwänden (2 μ) und kurzen, sehr schrägen Tüpfeln; vereinzelt findet man sogar kurze Spalten. Nur in wenigen Zellen treten beim optischen Versuche charakteristische Bilder auf.

Chytranthus Prieureanus Radlk. (H. M.).

Die 24 μ hohen Epidermiszellen besitzen vollkommen ebene Außen- und stark vorgewölbte Innenwände. Die Radialwände sind gewellt.

Tüpfel treten hier sowohl in den Buchten als an den Wellenbergen auf. Sie sind ziemlich lang, schmal und sehr wirksam. Bei schräger Beleuchtung senden sie lange, schmale, scharf begrenzte Streifen gegen die Zellmitte. Die besondere Länge ist zum Teil auf die vorgewölbten Innenwände zurückzuführen. Da die Tüpfel in sehr kurzen seitlichen Abständen angeordnet sind, treten nur schmale, helle Zonen auf, die aber infolge des stark konvexen seitlichen Anschlusses der Randtüpfel kräftig beleuchtet sind.

Aporrhiza paniculata Radlk. (H. M.).

In den Epidermiszellen dieser Sapindacee haben wir eine sehr vollkommen wirkende Bauvariation des ersten Typus vor uns.

Die Zellen sind durchschnittlich 22 μ hoch, von der Fläche gesehen rundlich bis polygonal (18 bis 22 μ breit, 30 bis 36 μ

lang). Die Innenwände sind eben. Die nur 3 bis 4 μ dicken Außenwände sind ebenfalls nahezu flach. Die Seitenwände sind infolge der schon mehrmals erwähnten Wellung abwechselnd schief (Fig. 14, Taf. I).

Die Randtüpfel sind etwa 4 μ weit und ebenso lang. Ihr Ende ist rund, der ganze Tüpfel also glockenförmig. Ein Schnitt in der Nähe einer Radialwand, parallel zu dieser geführt, gibt ein Bild wie Fig. 15, Taf. I. Die Wandstücke zwischen den Tüpfeln sind sehr konvex, müssen also ebensogut strahlensammelnd als an den steilen Seitenflächen total reflektierend wirken. Durch die obere Tüpfelwand, die in Fig. 15 nahezu eben aussieht, wird besonders bei senkrechtem Einfalle ziemlich viel Licht eindringen können. Die Außen- und Radialwände schimmern infolge der Einlagerung einer stark lichtbrechenden Substanz hell auf. Stellenweise finden sich auch exzentrisch gelegene Pfropfen, wie sie bei *Banisteria* beschrieben wurden. Sie kommen hier aus den gleichen Gründen nicht für die Lichtperzeption in Betracht.

Die Bilder, die man beim optischen Versuche erhält, entsprechen sehr genau den Erwartungen auf Grund der anatomischen Untersuchung.

Bei senkrechtem Lichte finden wir große, charakteristisch begrenzte, dunkle Flecke rings an den Radialwänden (Fig. 16 *a*, Taf. II). Sie lassen deutlich eine etwas hellere Mitte und einen sehr dunklen Rand unterscheiden; an diesen schließt ringsherum eine schmale, helle Zone an, die ihre Entstehung den konvexen Zwischenstücken Fig. 15, Taf. I, verdankt.

Bei schrägem Licht ergibt sich vor allem die bekannte Verschiebung. Die dunklen, langen Flecke sind jetzt aber gleichmäßig dunkel und zeigen nur einen allmählichen Übergang in das helle Mittelfeld (Fig. 16 *b*, Taf. II). Es erfolgt nunmehr auch durch die obere Tüpfelwand Reflexion, während früher nur deren Seitenwände daran beteiligt waren. Natürlich wirken auch die schrägen Wände im gleichen Sinne reflektierend. Die hellen Zwischenstreifen sind sehr schmal geworden, so daß man ganz den Eindruck einer einheitlich dunklen Randzone erhält. Die Verschiebung ist sehr ausgiebig, indem die dunkle Zone oft die halbe Zellwand bedeckt.

An der Blattunterseite kommen selten ordentliche Reflexionserscheinungen zustande, obwohl auch dort Randtüpfel ausgebildet sind. Sie sind in den kleinen, unregelmäßigen Zellen eben nicht so gut gebaut als an der Oberseite; auch ist wohl das Lichtbrechungsvermögen der Wände geringer.

Anamospermum japurense Eichl. ♀ (H. M.).

Auch hier haben wir es mit flach tafelförmigen, großen Epidermiszellen zu tun (36 bis 44 μ breit, 16 bis 20 μ lang, 22 μ hoch). Sehr auffallend ist wieder die abwechselnde Schiefstellung der Radialwände (Fig. 17, 18, Taf. II).

Die Tüpfel stellen nahezu gleichweite (3 bis 4 μ) zylindrische Gänge vor, die 3 bis 6 μ lang werden und am Ende gerade abgeschnitten sind. Sie verlaufen sehr schräg nach außen (Fig. 17, Taf. II). Ihre seitlichen Begrenzungen sind steil, wie ein Schnitt parallel einer Radialwand zeigt (Fig. 18, Taf. II).

Bei senkrechtem Lichteinfalle ist die Wirksamkeit der Randtüpfel gering. Man sieht nur vereinzelte schmale, dunkle Striche (Fig. 19 *a*, Taf. II). Das ist ganz erklärlich, da ja durch die obere Tüpfelwand alles Licht eindringen kann; nur an den steilen Seitenwänden der Tüpfel wird es zurückgeworfen.

Bei schrägem Lichte treten ganz typische, dunkle Flecke von etwas kipfelförmiger Gestalt auf (Fig. 19*b*, Taf. II). Nunmehr wird eben viel Licht an der oberen Tüpfelwand und der unteren Grenze der schrägen Radialwand reflektiert.

Manchmal ist die Außenwand eben noch kenntlich als konvexe Linse ausgebildet; merkliche Strahlensammlung kommt dadurch nicht zustande.

Auch an der unteren Epidermis sind Tüpfel von ähnlicher Form ausgebildet; Wirkung kommt ihnen nicht zu. Auch bei sehr großem Einfallswinkel treten nur ganz schmale, dunkle Striche auf.

Cocculus laurifolius D. C.

Schließlich will ich noch die Beschreibung der Epidermis dieser Menispermacee anfügen, die eine hübsche Kombination von Randtüpfelwirkung und Haberlandt's Typus der ge-

wölbten Innenwand darstellt. Die Epidermiszellen besitzen dicke, plankonkave Außenwände, die stark lichtbrechend sind. Die Innenwände sind entweder in Form einer abgestumpften Pyramide oder bogig vorgewölbt.[1] Die Seitenwände sind deutlich gewellt und schief (Fig. 20, Taf. II).

Randtüpfel treten nur in den Buchten auf als am Ende etwas kolbig erweiterte Kanäle. Ihr Neigungswinkel beträgt etwa 45°.

Bei senkrechtem Licht erzeugen sie sichelförmige Schatten in den Buchten (Fig. 21 *a*, Taf. II), die sich bei schrägem Einfalle rasch vergrößern, beziehungsweise auf der Gegenseite kleiner werden und ein wenig von den Radialwänden abrücken (Fig. 21 *b*, Taf. II). In ihrer Mitte sind die Flecke merklich heller. (Oben durch die Tüpfel eindringendes Licht.) Seitlich sind sie durch ziemlich helle Zonen voneinander getrennt. Die Seitenwände sind am Zustandekommen der Bilder wohl auch beteiligt, so daß wir hier ein gleichsinniges Zusammenwirken dreier Einrichtungen vor uns haben: Randtüpfel in den Außenwänden, schräge Radial- und vorgewölbte Innenwände.

II. Blätter mit Randspalten.

Abuta concolor Poepp et Engl. (H. M.).

Die Epidermiszellen haben vollkommen ebene Außen- und Innenwände. Die Radialwände sind nicht auffallend schräg. Randtüpfel oder dergleichen konnte ich beim ersten Durchmustern der Quer- und Längsschnitte nicht entdecken. Es schien also keinerlei Einrichtung zur Lichtperzeption vorhanden zu sein.

Trotzdem stellte ich Haberlandt's Versuch in Wasser an und fand zu meiner Überraschung bei senkrechtem Lichte rings um die Radialwände eine schmale, dunkle Zone. Bei Verschiebung des Spiegels wurde sie auf der Lichtseite breiter, auf der entgegengesetzten verschwand sie. Ich fertigte nun nochmals dünne Querschnitte an und entdeckte beiderseits der

[1] Siehe Haberlandt, Lichtsinnesorgane, p. 46, und Sperlich, Diese Sitzungsberichte, Bd. CXVI, April 1907, p. 715 bis 717.

Radialwände je einen feinen dunklen Strich in der 6 μ dicken Außenwand, der vom Zellumen aus 4 bis 5 μ weit schräg nach oben ging. An besonders dünnen Stellen konnte ich mich mit starken Vergrößerungen überzeugen, daß die Striche Längsschnitte durch feine Spalten sind, die knapp an den Radialwänden rings um die Zelle verlaufen [1] (Fig. 22, Taf. II). Auch an Oberflächenschnitten konnte ich die Spalten jetzt als rötliche Linien die Radialwände begleiten sehen. Auch konnte man beim optischen Versuche deutlich die Beziehung der Spalten zu den dunklen Zonen wahrnehmen.

Ich stellte eine sorgfältige Zeichnung einer Epidermiszelle her, vergrößerte und schematisierte sie dann. Die Radialwand wurde dabei senkrecht angenommen, obwohl sie in der Regel etwas schräg ist. An dieser etwa 8000fach vergrößerten Zelle wurden die Konstruktionen Fig. 44 und 45, Taf. VI, durchgeführt.

Als Brechungsexponenten wurden wieder dieselben Zahlen wie bei *Banisteria* angenommen. Zu hoch sind sie sicher nicht gegriffen, da die Wand stets hell aufschimmert.[2] Die volleren Linien kennzeichnen wieder die total reflektierten Strahlen.

Konstruktion 44 gibt den Strahlengang bei senkrechtem Lichteinfalle wieder; und zwar wurde die Konstruktion nur an der rechten Hälfte der Radialwand und der ihr anliegenden Randspalte durchgeführt. An der linken Seite wurde die Figur ohne Konstruktion ergänzt. Die Strahlen 4, 6 und 5 dringen, ohne eine Brechung zu erleiden, bis zur Innenwand und erreichen sie in den Punkten *b*, *o* und *b'*. Alle Strahlen rechts von 4 und links von 5 dringen ebenfalls ungebrochen ein, so daß also die Innenwände rechts von *b* und links von *b'* gleichmäßig hell beleuchtet sein werden. Anders verhält es sich mit

---

[1] Vergl. Krafft, Blattstruktur der Menispermaceen, Stuttgart 1907, p. 59. Seine Angabe, daß die Außenwände mit Randtüpfeln versehen sind, ist richtigzustellen.

[2] Es wäre allerdings möglich, daß der Brechungsexponent des Zellsaftes im lebenden Zustande der Zellen ein größerer ist, da ich das Herbarmaterial stark gebräunt fand, vermutlich durch Gerbstoffe. Da ich aber den Exponenten der Zellwand sicher etwas zu minder annahm, dürften sich die beiden Fehler aufheben.

den Strahlen zwischen 6 und 4, die auf die obere Spaltwand *c p* treffen. 1 erreicht sie bei *e*, wird etwas gebrochen, tritt aus der Radialwand bei *d* aus, tritt bei *e* abermals in dieselbe ein. Nach abermaliger Brechung bei *f* erreicht er die Innenwand der Zelle *A* bei *g*. Der zweite Strahl wird bei *h* schon stärker als 1 gebrochen, da er einen größeren Einfallswinkel besitzt. Bei *i* kommt er an die Grenze zwischen Radialwand und Zellsaft, wird infolge seines großen Einfallswinkels total reflektiert nach *k* und kommt schließlich ebenfalls in die Nachbarzelle nach *l*. Das Strahlenbündel 1 bis 2 dringt also nach mehrfacher Brechung und Reflexion in die Nachbarzelle, wird aber dort auf eine so große Fläche *g*—*l* zerstreut, daß ein Effekt nicht sichtbar ist. Strahl 3 fällt bei *m* unter einem größeren als dem Grenzwinkel auf die Spaltwand. Es erfolgt totale Reflexion, wodurch 3 die Innenwand von *B* in *n* erreicht. Die Strahlen zwischen 2 und 3 werden sich also zu einem Teile wie 2, zum anderen wie Strahl 3 verhalten. Das Wandstück *a b* erreicht keiner. Ebenso wie 3 verhält sich auch das Lichtbündel, das auf *m p* trifft. Es wird total reflektiert. Es bleibt also zu beiden Seiten der Radialwand ein schmaler Streifen *a b*, *a' b'* völlig unbeleuchtet. Streng genommen ist allerdings nur ein Streifen *a' g* ohne Licht. Auf *g b'* können aber nur so wenige Strahlen entfallen, daß sie, wie schon früher erwähnt, sicher nicht zur sichtbaren Geltung kommen.

Diese Konstruktion gilt nun gleichmäßig für jeden beliebigen Querschnitt durch die *Abuta*-Epidermis, da ja die Spalten gleichmäßig um die ganze Zelle gehen. Das Konstruktionsergebnis lautet daher: Es muß auf den Epidermisinnenwänden bei senkrechtem Lichteinfalle ein kontinuierlicher, dunkler Streifen unmittelbar an den Radialwänden auftreten. Seine Breite soll, wie sich aus der Konstruktion leicht berechnen läßt (8 *mm* entsprechen 1 μ), 1·7 μ betragen. Genaue Messungen ergeben eine 1 bis 3 μ breite Randzone bei senkrechtem Lichte. Die Konstruktion stimmt also in befriedigender Weise mit den wirklichen Verhältnissen überein. Theoretisch müßte die Zone *a' g* allerdings vollkommen schwarz sein. In Wirklichkeit gelangt immer eine gewisse Lichtmenge durch die mannigfachen Reflexionen im Blatte hin.

Aus Konstruktion 45 ersieht man gleich die Änderungen in der Beleuchtung bei linksschrägem Lichte. Der Einfallswinkel beträgt 30°.[1]

Die unbeleuchtete Zone *a b* in Zelle *B* ist 47 *mm* breit geworden und von der Radialwand abgerückt, in *A* ist die dunkle Zone verschwunden. Wie kommt dieses Bild zustande? Die Strahlen links von 1 werden durch die planparallele Außenwand gleichmäßig gebrochen und erreichen in gleichen Abständen die ebene Innenwand von *A*, so daß diese ganz gleichmäßig bis *a'* beleuchtet ist. Das Lichtbündel 1—2 trifft auf die Radialwand und gelangt nach gleichmäßiger Brechung in derselben zum Teil in die Zelle *B*. Das Wandstück *g h* ist also hell. 3 wird durch den konvexen Teil der Radialwand nach *i* abgelenkt. Das Bündel 2 bis 3 wird also auf die verhältnismäßig große Strecke *h i* zerstreut. Die Strahlen 3 bis 4 erleiden ebenfalls starke Brechung und Zerstreuung. Durch das nächste Bündel 4 bis 5, das schon auf die Spaltwand von *A* fällt, wird die Strecke *k l* schwach beleuchtet. Die Strahlen 5 bis 7 werden in *l a* konzentriert. Alle weiteren Strahlen bis zum zehnten werden entweder an der Grenze zwischen Cuticularleiste und Zellsaft oder an der Randspalte *c d* total reflektiert. Es wurden nur zwei solche Strahlen, 8 und 9, eingezeichnet. Also erst 10 kann wieder die Innenwand erreichen, und zwar weit von der Radialwand in *b*. Alle weiteren Strahlen beleuchten die Innenwand von *B* ganz gleichmäßig. Als Resultat ergeben sich also folgende Beleuchtungsverhältnisse auf dem plasmatischen Belag der Innenwand von *B*, oder allgemeiner, neben der dem Lichte zugekehrten Radialwand.

Zunächst derselben findet sich eine in der Konstruktion 20 *mm* breite, helle Zone *g a*, die besonders intensiv im Teil *i a* leuchtet. Danach folgt eine (in der Konstruktion) 47 *mm* breite, dunkle Zone *a b*, die durch einige sie treffende Strahlen *(i)* nicht beeinträchtigt wird. Die übrige Wand ist mehr minder gleichmäßig hell beleuchtet bis zur nächsten Radialwand.

[1] Auf größere Einfallswinkel wird die Epidermis wohl nie zu reagieren haben. Nach Haberlandt, Sinnesorgane, p. 11, erfolgt ja die grobe Einstellung der Blätter durch den positiv heliotropischen Blattstiel, während die Lamina nur die feinere Einstellung besorgt.

In Wirklichkeit lassen sich zwar genau dieselben Zonen unterscheiden, die helle Randzone ist aber noch schmäler und stellenweise überhaupt nicht vorhanden. Nach der Konstruktion müßte sie 2·3 μ, die dunkle Zone 6 μ betragen, während Messungen einen höchstens 0·5 bis 1 μ breiten, hellen Saum wahrnehmen lassen. Die dunkle Zone mißt allerdings 6 bis 8 μ in der Breite. Es muß also irgendeine, in der Konstruktion nicht berücksichtigte Eigentümlichkeit im Zellbau das Entstehen eines hellen Randes einschränken oder verhindern. Zwei Umstände kämen da in Betracht. Entweder ist der Brechungsexponent der Wände höher oder aber es sind die Cuticularleisten stärker konvex als ich angenommen habe. In beiden Fällen wird $g\,a$ kürzer. Eine solche Epidermiszelle mit ihrer winzigen, gleichsam spiegelnden Randspalte erzeugt also vollkommen ähnliche Bilder, wie eine papillöse Epidermiszelle; allerdings sind die Lichtkontraste geringer, dafür ist die Zelle von der Benetzung des Blattes unabhängig. Auch in Wasser gelingt der optische Versuch ausgezeichnet.

Die Epidermis der Blattunterseite besitzt ebenfalls Randspalten; sie gehen aber selten rings um die Zellen, auch sind sie oft so steil orientiert, daß ihre Reflexionswirkung verloren geht. Gesetzmäßige Verteilung des Lichtes ist daher nicht möglich.

Hyperbaena laurifolia Urban (H. M.).

H. laurifolia ist ein ausgezeichneter Vertreter des Randspaltentypus. Die anatomische Untersuchung zeigt 26 bis 30 μ hohe Epidermiszellen. Die stark lichtbrechende Außenwand ist etwa 12 μ dick und vollkommen eben. Wir unterscheiden eine derbe Cuticula, die mit den die Hauptmasse ausmachenden Cuticularschichten ganz fein verzähnelt ist. Zu innerst sind die Wände mit einem feinen Zellulosehäutchen ausgekleidet. Auch die Innenwände sind eben oder nur ganz unbedeutend konvex. Die Radialwände sind dünn, gegen die Außenwand zu werden sie gleichmäßig dicker. Die Cuticularschichten senden nur ganz kurze Leisten in die Seitenwände (Fig. 23 und 25, Taf. II). Sowohl der äußere als der innere Ansatz der Wände ist nahezu geradlinig, so daß die Zellen von oben polygonal erscheinen (Fig. 24, Taf. II).

An dünnen Schnitten beobachtet man wieder ganz deutliche Randspalten.[1] Sie münden in das Zellumen 2 μ von den Radialwänden und laufen schräg nach oben und außen bis zur Cuticula (Fig. 23 und 25, Taf. II). Im Querschnitte steigen sie in einem 9 bis 11 μ langen Bogen derart an, daß sich ein steiler unterer Teil deutlich von einem schrägeren oberen abgrenzt.

Der steilere macht die Hälfte bis zwei Drittel der ganzen Spalte aus und ist gegen die Außenwand unter 70 bis 85° geneigt (α in Fig. 25, Taf. II), der andere Teil schließt mit ihr einen Winkel von etwa 45° ein (β in Fig. 25, Taf. II). Der Abstand der Spaltmündungen voneinander beträgt 3 bis 5 μ. Nur an ganz dünnen Schnitten kann man sich überzeugen, daß man es wirklich mit Spalten zu tun hat, die vom Zellumen ausgehen. Sie sind aber auch an etwas dickeren Schnitten bei jeder Einstellung sichtbar, gehen also rings um die Zellen herum. An Oberflächenschnitten bilden sie feine rötliche Linien. Der Zellinhalt erscheint ungebräunt. Gerbstoffe oder andere Substanzen, die das Lichtbrechungsvermögen wesentlich ändern könnten, dürften also in der lebenden Zelle nicht vorhanden sein.

Sehr schön gelingt der optische Versuch. Bei senkrechtem Lichteinfall erblickt man eine gleichmäßig dunkle, etwa 3 μ breite Randzone (Fig. 26 *a*, Taf. II). Bei der geringsten Spiegelverschiebung verbreitert, beziehungsweise verschmälert sich die Randzone. Bei einer gewissen Stellung des Spiegels endlich ist sie auf der der Lichtquelle abgekehrten Seite ganz verschwunden; auf der entgegengesetzten ist sie nun 6 bis 8 μ breit und sehr dunkel geworden (Fig. 26 *b*, Taf. II). Man trifft Zellen, in denen die dunkle Zone beinahe bis zur Zellmitte reicht. Bei stärkerer Verschiebung des Spiegels tritt neben der Radialwand vor der dunklen Zone noch eine schmale, etwas hellere auf, die sich mit verschiebt. Die physikalische Erklärung der Erscheinung ist wohl dieselbe wie für *Abutu concolor*, so daß von einer Konstruktion Abstand genommen wurde. Die tiefe, enge Spalte stellt eben einen sehr wirksamen Reflektor dar; streng genommen allerdings nur die obere Spaltwand.

[1] Vergleiche Krafft, Blattstruktur der Menisp., p. 83, der auch bei *H. laurifolia* undeutliche Randtüpfel beschreibt.

Die untere Epidermis hat keine Randspalten, dafür treten in ihr Randtüpfel in der nur 3 μ dicken Außenwand auf. Die Radialwände sind stark gewellt. Die Tüpfel treten aber nicht in allen Zellen auf. Den Nebenzellen der dichtgedrängten Spaltöffnungen fehlen sie zumeist. Ihre optische Wirksamkeit ist nicht bedeutend. Bei senkrechtem Einfalle sind die dunklen Flecke etwa 2 bis 3 μ breit, bei schrägem 3 bis 4 μ. Also eine recht unbedeutende Verschiebung.

Anamospermum reticulatum Eichl. ♂ (H. M.).

Die Epidermiszellen von *A. reticulatum* sind von streng tafelförmiger Gestalt. Die Radialwände der 16 bis 20 μ hohen Zellen sind in ihrem unteren Teile recht zart, oben besitzen sie 3 bis 4 μ dicke Cuticularleisten. In der Oberfläche zeigen sie sich gewellt. Unmittelbar neben ihnen treten in den Außenwänden, die stark lichtbrechend und gegen 9 μ dick sind, die Randspalten auf.[1] Sie sind wieder schräg, 6 bis 8·5 μ lang, erreichen aber nie die Cuticula (Fig. 27, Taf. II, Fig. 29, Taf. III). Sie erweitern sich gegen das Zellumen zu auf 1·5 bis 2 μ, so daß die anschließenden Außenwandstücke im Querschnitte konvex gerundet erscheinen (Fig. 29, Taf. III). Die Bauverhältnisse sind hier also ganz ähnliche wie bei *Banisteria splendens*, bei der ja auch schon längere Spalten auftreten. Bei *Anamosp. reticulatum* begleiten sie aber die Seitenwände ringsum, wie man an Flächenschnitten wahrnimmt (Fig. 28, Taf. II).

Die optische Wirksamkeit ist wieder sehr vollkommen. Bei senkrechtem Lichte kann man eine schmale, dunkle Randzone (Fig. 30 *a*, Taf. III), bei schrägem eine einseitige, breitere Zone beobachten (Fig. 30 *b*, Taf. III). Besonders in den Buchten der welligen Radialwände werden die Bänder breit und dunkel.

Als Konstruktionen können ganz gut die für *Banisteria splendens* durchgeführten gelten.

In der unteren Epidermis finden sich sowohl Randtüpfel als auch kurze Randspalten. Nur selten geht eine Spalte rings

[1] Krause hat die feinen Spalten übersehen.

um die Zelle. Nur in wenigen Zellen läßt sich aber eine deutliche Reflexionswirkung beobachten.

Limacia velutina Miers. (H. M.).

Als letztes, minder vollkommen gebautes Beispiel will ich *L. velutina* beschreiben. Bei dieser Pflanze gehen die Spalten nicht mehr rings um die Zellwand; sie treten vielmehr wieder hauptsächlich in den Buchten der gewellten Radialwände auf.[1] Von oben gesehen sind sie 6 bis 12 μ lang. Im Querschnitte zeigen sie die in Fig. 31, Taf. III, wiedergegebene Form. Auch hier wieder die große Ähnlichkeit mit *Ban. splendens*. Der Spalt geht meist 4 bis 5 μ weit in die 7 bis 8 μ dicke Außenwand hinein und ist etwa 1 bis 1·5 μ breit. Die Radialwände sind unter den Spalten stark konvex, in ihrem unteren Teil aber nur 1 bis 2 μ dick. Da die Zellen nun sehr hoch sind, zeigten sie sich an dem mir zur Verfügung stehenden Blatte stark kollabiert. In diesem Zustande waren sie noch 25 μ hoch, 36 bis 38 μ lang und 20 bis 32 μ breit.

Die optische Wirksamkeit ließ sich leider infolge der schlechten Konservierung nicht ordentlich kontrollieren. Nicht in allen Zellen sieht man die charakteristischen Bilder auftreten. Die Funktion der Spalten bei *Limacia* steht aber nach dem vorhin Gesagten außer Zweifel.

In der unteren Epidermis gehen Spalten meist ganz um die Zellen herum, besitzen auch eine ähnliche Form. Beim optischen Versuche lassen sich ganz deutliche Bilder beobachten.

III. Schräge Radialwände.

Bei einer ganzen Anzahl der bisher beschriebenen Pflanzen habe ich auf den wichtigen Anteil der Radialwände beim Zustandekommen der Reflexionsbilder hingewiesen. Sie wirken einerseits durch ihre besondere Form, andrerseits durch schräge Orientierung im selben Sinne wie Randtüpfel und -spalten.

So war es denn nicht von vornherein unwahrscheinlich, daß es Pflanzen gibt, bei denen die Perzeption der Lichtrichtung

[1] Krafft hat die Spalten als undeutliche Randtüpfel beschrieben.

durch die Radialwände allein zustande kommt. Es gelang mir in der Tat, solche Pflanzen aufzufinden.

Hoya carnosa R. Br.

Die fleischigen Blätter haben eine glänzende, glatte Epidermis. Immer sind sie sehr schön in die fixe Lichtlage eingestellt. Querschnitte zeigen, daß die Epidermis mit stark vorgewölbten Innenwänden versehen ist. Die Außenwände sind dick, stark lichtbrechend und eben oder nur ganz unbedeutend konvex (Fig. 32, 33, Taf. III). Randtüpfel oder Randspalten treten nicht auf. Trotzdem stellte ich den optischen Versuch an und erblickte sofort wieder die charakteristische Lichtverteilung.

Bei senkrechtem Einfalle nur ein schmaler, etwas dunklerer Saum rings um die hellere Mitte.

Verschiebt man den Spiegel aber, so rückt gleich von der Lichtseite her ein breiter, viel dunklerer Streifen vor, die Gegenseite wird hell (Fig. 35, Taf. III). Die Unterschiede sind allerdings weitaus nicht so auffallend, wie etwa bei *Hyperbaena laurifolia*, aber sie sind vorhanden und deutlich wahrnehmbar. Besonders fällt die starke Verschiebung der dunklen Zone auf, die oft über die Zellmitte hinausrückt.

Um für die physikalische Erklärung Anhaltspunkte zu gewinnen, unterzog ich die Epidermis nochmals einer genauen Untersuchung, wobei ich mein Hauptaugenmerk aus den vorhin erwähnten Gründen auf die Radialwände lenkte.

Diese sind nun nicht, wie in so vielen anderen Blättern, streng senkrecht auf Außen- und Innenwände orientiert, sondern in verschiedenem Maße schräg, bald stark, bald kaum merklich, bald rechts, dann wieder nach links (Fig. 32, 33, Taf. III). Auch senkrechte Wände sind nicht eben selten, zeigen dann aber ebenfalls einen besonderen Bau, indem die beiden Flächen der keilförmigen Wand in ihrem breitesten Teile nicht genau dieselbe Neigung haben (Fig. 34 *a*, Taf. III). Damit wird, wie später gezeigt werden soll, ganz dieselbe Wirkung erreicht, als wenn die ganze Wand schief wäre. Nun ist aber eine Radialwand nicht etwa in ihrer Gänze z. B. linksschief. Sie besitzt eine abwechselnde Neigung.

Stellt man auf eine geeignete Radialwand in nicht zu dünnen Querschnitten zuerst ganz hoch ein (Fig. 34 *a*, Taf. III), so findet man z. B. die rechtsseitige Wandfläche schräger als die linksseitige, die ganze Wand also links-schief. Senkt man den Tubus allmählich, so sieht man, wie sich die verschiedenen Neigungen der Flächen allmählich ausgleichen, bis die Wand ganz senkrecht und symmetrisch erscheint (Fig. 34 *b*, Taf. III). Dreht man nun die Schraube noch weiter, so wird die Wand allmählich rechts-schief (Fig. 34 *c*, Taf. III). Da die Radialwände, von der Oberfläche gesehen, ganz geradlinig erscheinen, so kann die Schiefstellung nur dadurch zustande kommen, daß der äußere Ansatz der Radialwände, also der verdickte Teil, nicht überall gleich breit ist, sondern bald von links, bald von rechts her (Fig. 34 *c*, Taf. III) ein wenig verschmälert ist. Oft ist der untere Teil der Radialwand gegen eine Zelle vorgewölbt, so daß die ganze Wand bogig und in ihrem oberen Teile schräg wird, ohne daß ihre Ansatzlinien sich verändern müssen. Diese Bilder sind oft so auffallend, daß man meinen könnte, man habe es mit künstlich durch die Präparierung erzeugten Bildungen zu tun. Es könnte eine turgeszente Zelle zwischen angeschnittene, turgorlose eingebettet sein. Da dann der Gegendruck der Nachbarzellen fehlt, würde sie sich abzurunden streben und die Radialwände bogig gegen die Nachbarzellen vorwölben müssen. Das ist aber sicher nicht der Fall; denn erstens findet man die schrägen Wände auch an ganz dünnen Schnitten, in denen sicher alle Zellen angeschnitten sind, zweitens ist oft eine solche Zelle rechts stark gegen die Nachbarzelle gewölbt, während ihre linke Wand gegen das eigene Lumen vorsteht. Wäre die Zelle turgeszent, so müßten beide Wände nach außen gewölbt sein; drittens aber richten sich die Wände auch in Alkohol, Glyzerin und Kalisalpeterlösung nicht gerade. Die Schrägstellung ist also eine vollkommen natürliche.

Eine Zelle wurde nun bei starker Vergrößerung gezeichnet und schematisiert. Ich wählte dabei die häufige Form einer rechtsschiefen Radialwand, die zwischen den zu beobachtenden Extremen die Mitte einhält. Die Außenwand dürfte etwas zu konvex geraten sein. Die Innenwände sind zwar

meist wie in Fig. 32, Taf. III, vorgewölbt, die einzelnen Wandstücke sind dann aber doch gerundet (Fig. 34, Taf. III).

Konstruktion Fig. 43, Taf. V, stellt also den Strahlengang an einer 2500fach vergrößerten Radialwand mit den Außen- und Innenwänden der Zellen *A* und *B* dar. Eigentlich hätte ich eine große Anzahl von Konstruktionen für jede Form und Neigung der Wände bei verschiedenem Lichteinfalle durchführen müssen, um die optischen Verhältnisse ganz klar zu legen. Ich begnüge mich damit, zu beweisen, daß die dunklen Zonen hauptsächlich durch Form und Richtung der Radialwände bedingt sind und dazu reicht die Konstruktion an der rechtsschiefen Wand bei links einfallendem Lichte hin. Als Brechungsexponenten wurden wieder dieselben Zahlen angenommen wie bei den Konstruktionen 40 bis 42.

Die Strahlen 1 bis 3 werden gleichmäßig gebrochen und beleuchten die Innenwand der Zelle *A* von *g* bis *f*. Der Teil des Bündels, der rechts von *e* auf den stärker gewölbten Ansatz der Radialwand trifft, wird auch stärker gebrochen und gelangt zum kleinen Teile durch die Radialwand nach *B*. Strahl 4 wird in *l* total reflektiert. Das gleiche Schicksal erfährt ein Teil der Strahlen zwischen 3 und 4 und das ganze Bündel 4 bis 5. Die Strahlen 5 bis 7 kommen nahezu parallel nach b_1 bis *c*. Von *a* bis b_1 erstreckt sich also eine völlig unbeleuchtete Zone. Nach der Konstruktion könnte man glauben, daß diese unbeleuchtete Zone nur durch die gewölbten Außenwände zustande kommt. Von den zwei Strahlen, die 5 darstellt, wird der eine von der Außenwand von *B* nach *n* gebrochen, der andere trifft die konvexe Außenwand von *A* und kommt nach *m*. Diese Strahlen schließen als Grenzstrahlen zwischen sich eine unbeleuchtete Zone ein. Die Beteiligung der schiefen Wand wäre also bedeutungslos. In Wirklichkeit verhält sich die Sache aber anders. An der Epidermiszelle kann man nie einen Punkt *h* wie in der Konstruktion finden, in dem zwei konvexe Wandstücke zusammentreffen. Die Außengrenze ist im Querschnitte vielmehr eine unregelmäßige Wellenlinie. Dem in der Konstruktion angenommenen Punkte *h* entspricht also höchstens der tiefste Punkt des Wellentales. Die angrenzenden Stücke sind daher auf eine kurze Strecke konkav, nicht konvex. Noch häufiger hat

es den Anschein, als ob gerade über den Radialwänden die Außenwand eben sei. Auf keinen Fall kann es aber zu einer solchen Zerteilung des Lichtes kommen wie in der Konstruktion. Ich habe diese eigentlich unrichtige Wandform aber trotzdem beibehalten; einerseits um die Konstruktion nicht zu kompliziert zu machen, andrerseits aber, weil der Effekt auch bei Annahme eines ebenen oder konkaven Wandstückes kein wesentlich anderer ist. Wäre die Wand eben, so würden alle Strahlen, etwa von 3 bis 5 in der Richtung *h d* gebrochen werden. Sie würden also zum Teil auf die Wand *u d*, zum anderen auf *c f* unter sehr großen Winkeln fallen, so daß sie total reflektiert werden müßten. Der erste durchdringende Strahl wäre der fünfte, dessen Brechungsgang $h d b_2$ ich voller eingetragen habe. Er gelangt nach b_2, also nur um wenige Millimeter näher der Radialwand, als wenn die Außenwände konvex angenommen werden. $a b_2$ ist ebenfalls vollkommen dunkel.

Bei konvexer Außenwand ist also die Zone, wie sich leicht berechnen läßt, 8·8 μ lang, bei ebener Außenwand 6·8 μ. Durch die Vorwölbung der Innenwände wird die dunkle Zone erheblich verlängert. Ich habe mit einer gestrichelten Linie von *a* aus eine ebene Innenwand eingetragen. $a b_3 = 15\ mm$, beziehungsweise 6 μ breit, wäre also die dunkle Zone bei schwach konvexen Außen- und ebenen Innenwänden. Bei ebenen Außen- und Innenwänden wäre sie nur $= a b_4 = 10{\cdot}5\ mm$, also 4 μ breit.

In den Epidermiszellen von *Hoya carnosa* sind also drei Bautypen vereinigt. Konvexe Außenwände, konvexe Innenwände und schräge Radialwände. Den Hauptanteil haben allerdings nach dem Vorstehenden die Radialwände, denn durch die Außen- und Innenwände allein kämen keine sichtbaren Lichtdifferenzen zustande.

Der Bau der Radialwände erscheint nun vollkommen verständlich. Es müssen allerdings auch ganz senkrechte Wände von der in Fig 34 *b*, Taf. III, dargestellten Form sowohl bei senkrechtem als auch bei links- oder rechtsschiefem Lichte dunkle Zonen hervorbringen.

Schrägstellung der Wand ist aber bei schrägerem Lichte vorteilhafter. Da aber eine stark rechtsschräge Wand bei

linksschrägem Lichte wirkungslos bleibt und umgekehrt, so besitzt die Pflanze abwechselnd links- und rechtsschräge Wände (vergl. Fig. 34 *a*, *b*, *c*). Die schrägen Wände sind aber nicht nur bei einem gewissen Lichteinfalle zur Reflexion befähigt. Es gibt für sie nur eine günstigste und eine weniger günstige Strahlenrichtung. Fig. 34 *a*, Taf. III, gibt ein Wandstück wieder, das sowohl bei Rechts- als auch bei Linkslicht reflektiert. Die günstigste Strahlenrichtung für diese Wandform gibt der Pfeil an. Auch in Fig. 34 *b* kann die Wand bei jedem beliebigen Strahlengemenge reflektieren. Die Richtung des Pfeiles, die senkrechte ist aber am günstigsten. Die Wand Fig. 34 *c* vermag bei rechtsschrägem Lichte noch eine, wenn auch schmale, dunkle Zone zu erzeugen, indem das dünne, linksschiefe Radialwandstück als Reflektor dient.

So wird es verständlich, daß man beim optischen Versuch eine ganz kontinuierliche, nur ungleich breite Zone, nicht aber alternierende dunkle Flecke zu sehen bekommt.

Maranta setosa A. Dietr.

Die Blätter von *M. setosa* stellen sich sehr genau in die fixe Lichtlage ein.

Die obere Epidermis besteht aus flachen, länglichen Zellen mit dicken Wänden. Die Radialwände sind in der Oberfläche stark gewellt. Die Epidermis ist vollkommen unfähig, Helligkeitsdifferenzen zu erzeugen. Der optische Versuch ergibt keinerlei Bilder.

Unter der 6 μ hohen Epidermis findet sich eine Schicht großer Wassergewebszellen, die einen interessanten Bau zeigen. Sie sind etwa 60 μ hoch, 34 μ breit und 62 bis 88 μ lang. Am Querschnitte fällt es sogleich auf, daß die Radialwände selten senkrecht, sondern schief orientiert sind, bald nach rechts, bald nach links (Fig. 36, Taf. III). Einzelne Wände sind bogig gewölbt, so daß ihr Oberteil schräger wird (Fig. 37). Solche Bilder sind aber auch hier nicht künstlich durch das Präparieren erzeugt, wovon man sich durch Plasmolysieren der Schnitte überzeugen kann; auch Zellen, die sicher turgorlos sind, haben gewölbte Wände. Diese sind meist sehr zart im Verhältnis zur Zellgröße. Nur ihr Ansatz an die Epidermis ist

verdickt und von verschiedener Gestalt. Die Wandgrenzen haben immer verschiedene Neigung, ganz ähnlich wie bei *Hoya carnosa*.

Die Innenwände sind gegen die Palisaden stark vorgewölbt. Nach Haberlandt[1] kann also die Lichtperzeption an den inneren Wänden der Wassergewebszellen infolge deren Vorwölbung erfolgen.

Macht man nun mit dem Wassergewebe den optischen Versuch, so erblickt man bei schrägem Einfall eine ganz deutliche, breite, dunkle Randzone, während die Gegenseite wieder hell bleibt (Fig. 38, Taf. III). Die Verschiebung der Lichtintensitäten bei schräger Beleuchtung ist sehr ausgiebig. Die Erscheinung kommt auch hier wieder infolge totaler Reflexion an den Radialwänden, besonders an deren obersten Teilen zustande. Bei der großen Höhe der Zellen bewirkt auch eine kleine reflektierende Fläche eine breite, dunkle Randzone.

Daß die Wände abwechselnd schräg sind, läßt sich besonders gut an Oberflächenschnitten beobachten.

Wenn man zuerst auf den äußeren, dann auf den inneren Ansatz einer Radialwand einstellt, so sieht man, daß der erstere ziemlich geradlinig, der zweite stark gewellt verläuft.

Die Wellen kreuzen mehrfach die gerade Linie (Fig. 39, Taf. III). In jeder Kreuzung steht also die Wand senkrecht. Jedem Wellenberg und -tale entspricht eine extreme Schrägstellung, und zwar dem Tale die entgegengesetzte wie dem Berge. Wir haben es also in den Radialwänden mit typisch windschiefen Flächen zu tun. Von einer Konstruktion des Strahlenganges habe ich wegen der allzu großen Schwierigkeit abgesehen. Es ist ja zweifellos, daß auch hier die totale Reflexion eine Hauptrolle spielt.

IV. Die physiologische Bedeutung der Randtüpfel, Randspalten und der Radialwände.

Es mögen hier noch einige Bemerkungen über die physiologische Bedeutung von Randtüpfeln und Randspalten Platz finden. Ambronn[2] hat versucht, dieselben als funktionslose

[1] Lichtsinnesorgane, p. 46.

[2] Pringsh. Jahrb. f. wiss. Botan., 14. Bd., 1884, p. 82 bis 110, Über Poren in den Außenwänden von Epidermiszellen.

Begleiterscheinungen der Wellung der Radialwände hinzustellen. Er geht von der Annahme aus, daß die Wellung der Wände durch irgend eine Kraft aktiv erfolge; dadurch sollen Druck- und Zugspannungen hervorgerufen werden.

»An den Stellen, wo die Maxima und Minima der Wellenkurve liegen, erfährt die Membran offenbar einen Druck senkrecht zu ihrer Fläche; an den Stellen jedoch, die zwischen den Maxima und Minima liegen, also an den sogenannten Beugungspunkten der Kurve, ist ein derartiger Druck nicht vorhanden.« An diesen Stellen starken Druckes und Zuges lagern sich weniger Mizelle ein als an den Beugungspunkten, wodurch in den Wellentälern, als den Punkten stärksten Zuges, die Randtüpfel entstehen.

Sie sind also nach Ambronn funktionslose Begleiterscheinungen der mechanisch wichtigen Wellung der Radialwände.

Ganz so einfach liegen die Verhältnisse aber doch nicht. Wir wissen viel zu wenig über die Ursachen der Wachstumsvorgänge, um zu der Annahme berechtigt zu sein, daß die Wellung durch ein Hin- und Herbiegen der Wände zustande kommt; Dickenwachstum ist wohl auch nicht durch Druck- und Zugspannungen allein bedingt. Ferner entziehen sich einige von mir untersuchte Pflanzen der Erklärung Ambronn's vollständig. Bei *Chytranthus Pricurcanus* kommen Tüpfel sowohl an den Maxima und Minima als an den Beugungspunkten der Wellenkurve vor. Die Pflanzen mit Randspalten haben meist überhaupt keine gewellten Radialwände *(Abuta concolor, Hyperbaena laurifolia.)*

Eine kausal-mechanische Erklärung dieser Gestaltungsvorgänge zu geben, ist derzeit völlig unmöglich.

In zweiter Linie könnte man an irgend einen Stoffverkehr der Epidermiszellen mit der Außenwelt denken, der durch die Tüpfel ermöglicht wird. Das wird in manchen Fällen allerdings zutreffen. Haberlandt[1] führt als Beispiel die Lianengattung *Salacia* an, bei der die während der Nacht erfolgende starke Wasserausscheidung wahrscheinlich durch die zahlreichen

[1] Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig 1904, p. 111.

Tüpfel vor sich geht, mit denen die ganze Außenwand der Epidermis versehen ist. Ambronn[1] erwähnt die Stengel und Blattscheiden von *Bambusa* und die Luftknollen einiger Orchideen *(Oncidium, Stanhopea, Lycaste)*. Die in der ganzen Außenwand der Epidermiszellen auftretenden Tüpfel sollen hier in den jugendlichen Organen den Stoffverkehr zwischen den Stengeln und den ihnen eng angepreßten Blattscheiden, beziehungsweise zwischen den Knollen und den fest anliegenden Blättern vermitteln. Das sind vereinzelte Fälle, die keine Verallgemeinerung zulassen.

An eine nennenswerte Erhöhung der Transpiration oder des Gaswechsels durch Tüpfel und Spalten ist ebenfalls nicht zu denken. Alle diese Pflanzen weisen ja Spaltöffnungen auf, welche die Regulierung der Transpiration und des Assimilations- und Atmungsgaswechsels in so vollkommener Weise besorgen, daß daneben die Randtüpfel und Randspalten, die ja stets zumindest von der Cuticula überzogen sind, nur eine sehr unbedeutende Rolle spielen könnten.

Somit bliebe noch die Möglichkeit einer Stoffzufuhr in die stets sehr dicken Außenwände zur Zeit ihres Wachstums übrig, die ja durch so tiefe Tüpfel und Spalten gewiß erleichtert werden dürfte. Doch spricht die Art der Verteilung der Randtüpfel und Randspalten nicht zu Gunsten dieser Annahme.

Von all den mitgeteilten Funktionen kann jedenfalls keine Anspruch auf allgemeine Gültigkeit haben. Es bleibt also noch das Für und Wider meiner Ansicht zu erörtern, daß nämlich die Randtüpfel, bei einer großen Zahl von Pflanzen wenigstens, im Dienste der Lichtperzeption stehen.

Haberlandt faßt als das Wesentliche aller Lichtsinnesorgane die Erzeugung gesetzmäßiger Beleuchtungsverhältnisse auf den Innenwänden des Sinnesepithels (Epidermis) auf. Wie ich schon in der Einleitung erwähnte, sind von ihm zwei Einrichtungen beschrieben worden, die solche Beleuchtungsverhältnisse erzeugen: die papillöse Außenwand und die papillöse Innenwand.

---

[1] Über Poren in den Außenwänden von Epidermiszellen, p. 108 bis 109.

Anders gebaute Einrichtungen sind bisher nicht bekannt geworden.

Der eigenartige Bau der Tüpfel und Spalten in den von mir untersuchten Blättern bringt nun auf den Innenwänden der Epidermiszellen vollkommen ähnliche Bilder hervor, wie sie von Haberlandt beschrieben wurden. Ihre Änderung bei veränderter Lichtrichtung ist streng gesetzmäßig. Nach Haberlandt's Theorie sind die Pflanzen also zweifellos durch diese Einrichtungen zur Wahrnehmung der Lichtrichtung befähigt, und zwar nur durch diese Einrichtungen, da alle übrigen der tafelförmigen Epidermis fehlen. Ein experimenteller Nachweis ist allerdings kaum möglich, da sich die Randtüpfel und Spalten nicht außer Tätigkeit setzen lassen.

Ob sie nun etwa spezielle Anpassungen an die Perzeption vorstellen, läßt sich nach meinen Untersuchungen nicht entscheiden. Jedenfalls hat man bei einer Reihe von Pflanzen, die Randtüpfel besitzen, nicht an Lichtperzeption zu denken. Ich nenne die nicht euphotometrischen Gramineen, Juncaceen, Cyperaceen und *Camellia japonica*, bei der der große Gerbstoffgehalt der Epidermiszellen das Lichtbrechungsvermögen des Zellsaftes so stark erhöht, daß totale Reflexion beim Übergang der Strahlen aus der Zellwand nicht erfolgen kann; die Randtüpfel sind unwirksam.

Ferner treten die Randtüpfel auch an der Unterseite der meisten untersuchten Blätter auf; allerdings ist ihr Bau mit wenigen Ausnahmen nicht recht zur totalen Reflexion geeignet.

Die Wellung der Radialwände ist mit Haberlandt und Westermaier[1] als Verzahnungseinrichtung zur Herstellung eines festen gegenseitigen Verbandes der Zellen aufzufassen. Wenn die ganze Wand gewellt ist, wird dadurch bei zarten Radialwänden eine Aussteifung erzielt.

Auch die Radialwände des Wassergewebes von *Maranta selosa* sind gewellt. Die Bedeutung dieser Wellung kann aber nicht in einer Aussteifung der Zellen gesucht werden, da sie viel zu hoch, die Wände aber so dünn sind, daß auch eine

[1] Über Bau und Funktion des pflanzlichen Hautgewebesystems, Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. XIV, I. Heft, 1883.

kräftige Wellung sie nicht widerstandsfähiger machen wird. Die Wände stellen vielmehr windschiefe Flächen dar; ihre abwechselnde Neigung begünstigt die Reflexionstätigkeit zum Zwecke der Lichtperzeption.

Ganz ohne Wellung kommt die Neigung endlich bei *Hoya carnosa* zustande, so daß sich kein plausibler Grund dafür finden läßt, als der von mir angegebene Vorteil bei der Lichtperzeption.

V. Zusammenfassung.

1. Auch jene Epidermiszellen, die vollkommen ebene Innen- und Außenwände besitzen, weisen gewisse Einrichtungen auf, die das Entstehen ungleicher Beleuchtungsverhältnisse auf den Innenwänden und somit die Perzeption der Lichtrichtung ermöglichen.

2. Als physikalisches Prinzip ist die Totalreflexion zu betrachten, beim Übergang der Strahlen aus den optisch dichteren Zellwänden in den optisch dünneren Zellsaft. Daneben spielt auch zweckmäßige Strahlenbrechung eine gewisse Rolle.

3. Die Wände aller untersuchten Epidermen sind dick und stark lichtbrechend. Mitunter wird die Totalreflexion durch Ausbildung einer besonders stark brechenden Innenlamelle befördert, z. B. durch eine Kiesellamelle bei *Banisteria splendens*. Der Zellsaft ist stets klar und durchsichtig, beiläufig vom Brechungsvermögen des Wassers.

4. Als Perzeptionseinrichtungen der planparallelen Epidermis fungieren die windschiefen Radialwände, die Randtüpfel und die Randspalten.

5. Die windschiefen Radialwände kommen zustande entweder durch ungleich starke Wellung des oberen und unteren Wandteiles, *Maranta setosa*, oder durch besondere Gestaltung der Wand bei geradlinigem Ansatz an Außen- und Innenwände.

Das in die Seitenwände dringende Licht wird an der Grenze gegen den Zellsaft teilweise total reflektiert, so daß bei

senkrechtem Lichteinfall in jeder Zelle eine gleichmäßige, dunkle Randzone und ein helles Mittelfeld entsteht. Trifft das Licht unter spitzem Winkel auf eine Zelle, so verbreitert und verdunkelt sich die Randzone an der dem Lichte zugewandten Radialwand bedeutend, die andere Zellseite wird hell beleuchtet.

6. Die Randtüpfel treten rings um die Zelle in den Außenwänden auf. Meist liegen sie in den Buchten der gewellten Radialwände, bei *Chytranthus Prieureanus* auch an den Wellenbergen. Im allgemeinen alternieren sie an den Radialwänden.

Immer sind sie von der Zelle aus schräg nach oben und außen gerichtet.

Ihre Form ist eine sehr wechselnde; bald stellen sie trichterförmige Poren, *Banisteria splendens,* bald runde, glocken- oder kuppelförmige Wölbungen vor; *Aporrhiza paniculata, Pycnarrhena pleniflora.* Bei *Anamospermum japurense* haben sie etwa zylindrige Gestalt, während sie bei *Cocculus laurifolius* kolbig aufgetriebene Kanäle vorstellen.

Bei all diesen Formen wird das auf die Tüpfelwand treffende Licht reflektiert, so daß bei senkrechtem Licht unter jedem Tüpfel auf der Innenwand ein dunkler Fleck entsteht. Bei schrägem Lichte werden die Tüpfel auf der Lichteinfallseite wirksamer, ihre dunklen Flecke also breiter, die entgegengesetzten Tüpfel lassen alles Licht unter geringer Brechung durchtreten, die dunklen Flecke verschwinden.

Der Gesamteffekt ist wieder der eines hellen Mittelfeldes bei senkrechtem Lichte, das sich bei schrägem Strahlengange von der Lichtseite ab verschiebt.

7. Die Randspalten treten entweder unmittelbar neben den Radialwänden, *Abuta concolor,* oder in geringer Entfernung von denselben, *Hyperbaena laurifolia,* in den Außenwänden auf. Sie gehen in ihrer vollkommensten Ausbildung rings um die Zellen und sind im Querschnitt überall vom Lumen aus schräg nach außen und oben gerichtet.

Das sie treffende Licht wird genau ebenso wie von den Tüpfeln reflektiert. Der Unterschied besteht nur darin, daß die Spalten eine zusammenhängende dunkle Zone erzeugen.

Die Ähnlichkeit mit den durch eine papillöse Epidermis erzeugten Bildern ist vollkommen.

8. *Banisteria splendens* nimmt eine Mittelstellung zwischen den Pflanzen mit Randspalten und denen mit Randtüpfeln ein, indem sie sowohl Tüpfel als auch Spalten aufweist.

Limacia velutina besitzt zwar nur Spalten, diese gehen aber nicht mehr rings um die Zellen.

9. Kombinationen der verschiedenen Typen sind nicht selten zu beobachten.

Beispiele: Randtüpfel und schräge Radialwände, *Aporrhiza*; Randtüpfel und gewölbte Innenwände, *Cocculus laurifolius*; schräge Radial- und vorgewölbte Innenwände bei *Hoya carnosa*.

10. Alle von mir beschriebenen Einrichtungen lassen sich durch Benetzung des Blattes nicht außer Tätigkeit setzen.

11. In der Blattepidermis von *Banisteria splendens* treten cystolithenartige Kieselbildungen auf, die mitunter einen deutlichen Stielteil erkennen lassen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Winter 1907/08 im botanischen Institute der Universität Graz durchgeführt. Meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. G. Haberlandt sage ich auch an dieser Stelle herzlichsten Dank für alle Anregung und Unterstützung, die mir von ihm erteilt wurde.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. *Banisteria splendens.* Epidermiszelle mit Randtüpfeln im Querschnitte.
» 2. Dieselbe Pflanze. Wie 1. Der Schnitt ist nahe einer Radialwand und parallel zu dieser geführt.
» 3. Dieselbe Pflanze. Gruppe von Epidermiszellen mit Randtüpfeln in der Oberflächenansicht.
» 4. Dieselbe Pflanze. Epidermiszellen mit verkieselten Wandverdickungen in der Oberflächenansicht.
» 5. und 6. Dieselbe Pflanze. Epidermiszellen mit Kieselverdickungen im Querschnitt. In Fig. 6 ist ein deutlicher Stiel sichtbar.
» 7 *a, b, c, d.* Dieselbe Pflanze. Mit konzentrierter Schwefelsäure und 20 bis 30% Chromsäure isolierte Verkieselungen.
» 8. Dieselbe Pflanze. Epidermiszellgruppe. Optischer Versuch bei senkrecht einfallendem Lichte.
» 9. Dieselbe Pflanze. Dieselben Zellen. Optischer Versuch bei schrägem Lichte. Der Pfeil gibt beiläufig die Lichtrichtung an.
» 10. *Hyperbaena domingensis.* Epidermis im Querschnitte. Radialwand, Innen- und Außenwände mit einem Randtüpfel.
» 11. Dieselbe Pflanze. Oberflächenschnitt. Optischer Versuch bei senkrecht einfallendem Licht. Es wurden nur ein kleines Stück einer Radialwand bei ganz hoher Einstellung und die beiderseits anliegenden Flecke eingezeichnet.
» 12. Dieselbe Pflanze. Wie 11 nach Verschiebung des Spiegels.
» 13. *Pycnarrhena pleniflora.* Epidermiszelle im Querschnitte. Die benachbarten Zellen zeigen je einen Randtüpfel.
» 14. *Aporrhiza paniculata.* Epidermis mit Randtüpfeln im Querschnitte.
» 15. Dieselbe Pflanze. Stück eines Querschnittes durch die Außenwand nahe einer Radialwand und parallel zu dieser, zwei Randtüpfel zeigend.

Tafel II.

Fig. 16. Dieselbe Pflanze.
a) Optischer Versuch bei senkrechtem Lichteinfalle. Nur ein Teil einer Radialwand eingetragen.
b) Dasselbe bei schrägem Lichte.
» 17. *Anamespermum japurense.* Epidermiszelle mit zwei Randtüpfeln im Querschnitte.

Fig. 18. Dieselbe Pflanze. Querschnitt parallel einer Radialwand mit fünf Randtüpfeln.
» 19. Dieselbe Pflanze.
a) Optischer Versuch bei senkrechtem,
b) bei schrägem Strahlengange.
Nur ein Stück Radialwand bei hoher Einstellung eingetragen.
» 20. *Cocculus laurifolius*. Obere Epidermis im Querschnitte.
» 21*a*. Dieselbe Pflanze. Innenwand einer Epidermiszelle beim optischen Versuch. Senkrechte Beleuchtung.
» 21*b*. Dieselbe Zelle bei schräger Beleuchtung.
» 22. *Abuta concolor*. Querschnitt durch die obere Epidermis. Außenwand- und Radialwandstück mit Randspalten bei sehr starker Vergrößerung.
» 23. *Hyperbaena laurifolia*. Epidermiszellen mit Randspalten im Querschnitte.
» 24. Dieselbe Pflanze. Epidermiszellen in der Oberflächenansicht.
» 25. Dieselbe Pflanze. Randspalte bei starker Vergrößerung.
» 26*a*. Dieselbe Pflanze. Epidermiszellgruppe beim optischen Versuch; senkrechter Lichteinfall.
» 26*b*. Dieselbe Zellgruppe bei schrägem Lichte.
» 27. *Anamospermum reticulatum*. Epidermiszelle mit Randspalten im Querschnitte.
» 28. Dieselbe Pflanze. Epidermiszelle von oben.

Tafel III.

Fig. 29. *Anamospermum reticulatum*. Randspalte bei besonders starker Vergrößerung.
» 30*a*. Dieselbe Pflanze. Optischer Versuch bei senkrechtem Lichteinfalle. Nur eine Radialwand ist eingetragen.
» 30*b*. Dasselbe bei schräger Beleuchtung.
» 31. *Limacia velutina*. Querschnitt durch die obere Epidermis. Randspalte bei starker Vergrößerung.
» 32 und 33. *Hoya carnosa*. Querschnitt durch die obere Epidermis.
» 34. Dieselbe Pflanze. Eine Radialwand im Querschnitte bei verschiedener Einstellung. *a)* bei hoher, *b)* bei mittlerer, *c)* bei tiefer Einstellung. Alles Nähere im Texte.
» 35. Dieselbe Pflanze. Epidermiszelle beim optischen Versuch. Linksschräge Beleuchtung.
» 36. *Maranta setosa*. Querschnitt durch die Epidermis und das Wassergewebe.
» 37. Dieselbe Pflanze. Dasselbe wie 36. Eine bogig gewölbte Radialwand.
» 38. Dieselbe Pflanze. Innenwände der Wassergewebszellen beim optischen Versuch. Schräge Beleuchtung.
» 39. Dieselbe Pflanze. Wassergewebszelle in der Oberflächenansicht. Die feine Linie stellt den äußeren Ansatz an die Epidermiszellen dar, die kräftige den Anschluß der Radial- an die Innenwände.

Tafel IV.[1]

Fig. 40. *Banisteria splendens*. Konstruktion des Strahlenganges an einem Randtüpfel bei senkrechtem Lichteinfalle.

» 41. Dieselbe Pflanze. Strahlengang am gleichen Tüpfel bei linksschräger Beleuchtung.

Tafel V.[1]

Fig. 42. *Banisteria splendens*. Strahlengang am selben Tüpfel bei schräger Beleuchtung von rechts her.

» 43. *Hoya carnosa*. Konstruktion des Strahlenganges an einer schiefen Radialwand bei unter spitzem Winkel von links einfallendem Lichte.

Tafel VI.[1]

Fig. 44. *Abuta concolor*. Konstruktion des Strahlenganges an den Randspalten bei senkrechtem Lichteinfalle.

» 45. Dasselbe bei linksschrägem Lichteinfalle.

[1] Die genaue Erklärung der Konstruktionen findet sich im Texte.

Tafel IV.[1]

Fig. 40. *Banisteria splendens*. Konstruktion des Strahlenganges an einem Randtüpfel bei senkrechtem Lichteinfalle.

» 41. Dieselbe Pflanze. Strahlengang am gleichen Tüpfel bei linksschräger Beleuchtung.

Tafel V.[1]

Fig. 42. *Banisteria splendens*. Strahlengang am selben Tüpfel bei schräger Beleuchtung von rechts her.

» 43. *Hoya carnosa*. Konstruktion des Strahlenganges an einer schiefen Radialwand bei unter spitzem Winkel von links einfallendem Lichte.

Tafel VI.[1]

Fig. 44. *Musa concolor*. Konstruktion des Strahlenganges an den Randspalten bei senkrechtem Lichteinfalle.

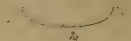
» 45. Dasselbe bei linksschrägem Lichteinfalle.

[1] Die genaue Erklärung der Konstruktionen findet sich im Texte.

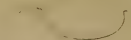
1.

2.

14.


7a.

7b.

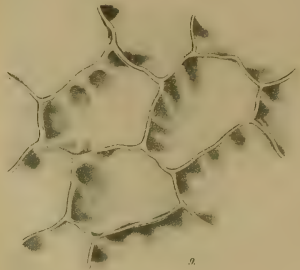

7c.

7d.

10.

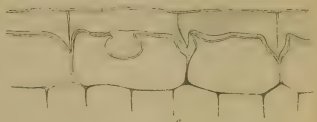
4.

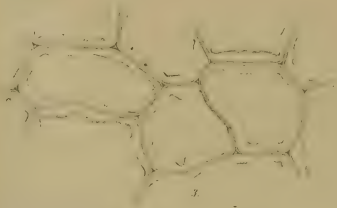
8.


9.

11.

3.


6.

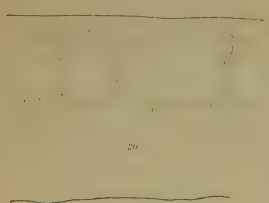

1.

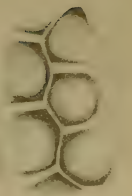
12.

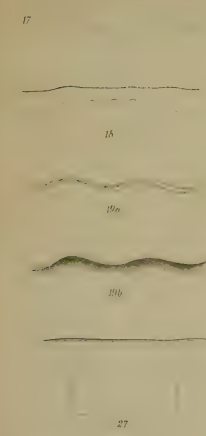
13.

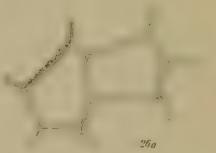
17.

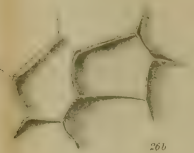
Gaulhofer del

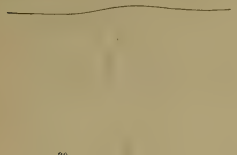








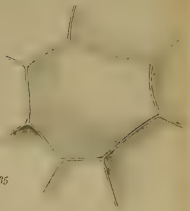




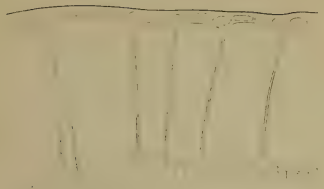
29.

30

31

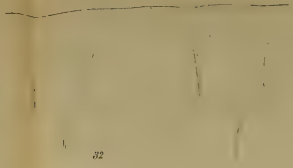


35

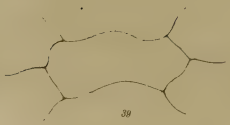


36

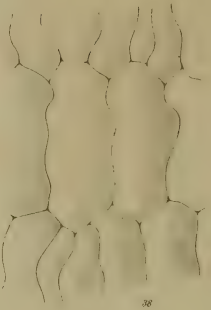
37



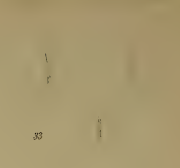
32



39

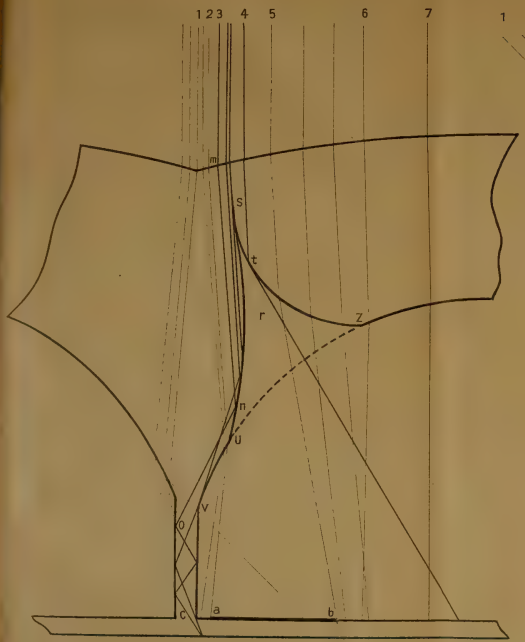


38

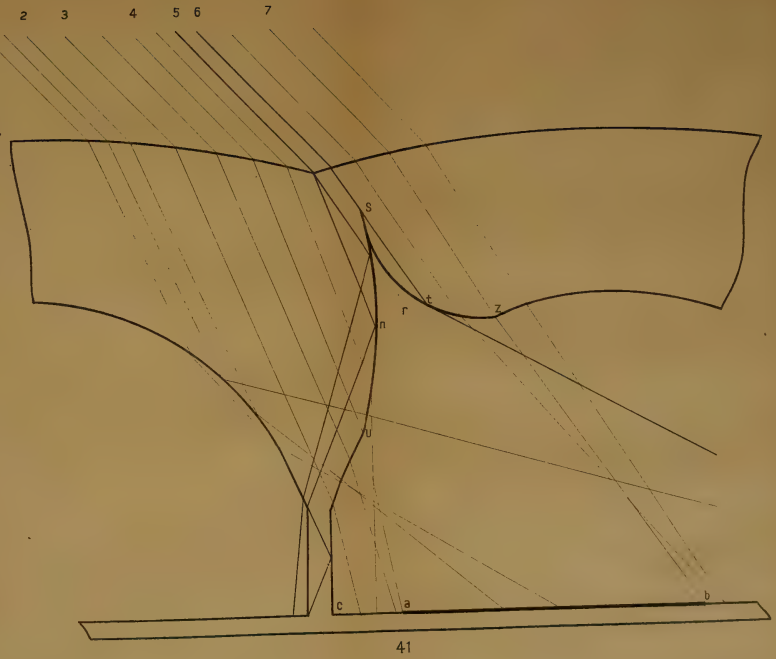


33

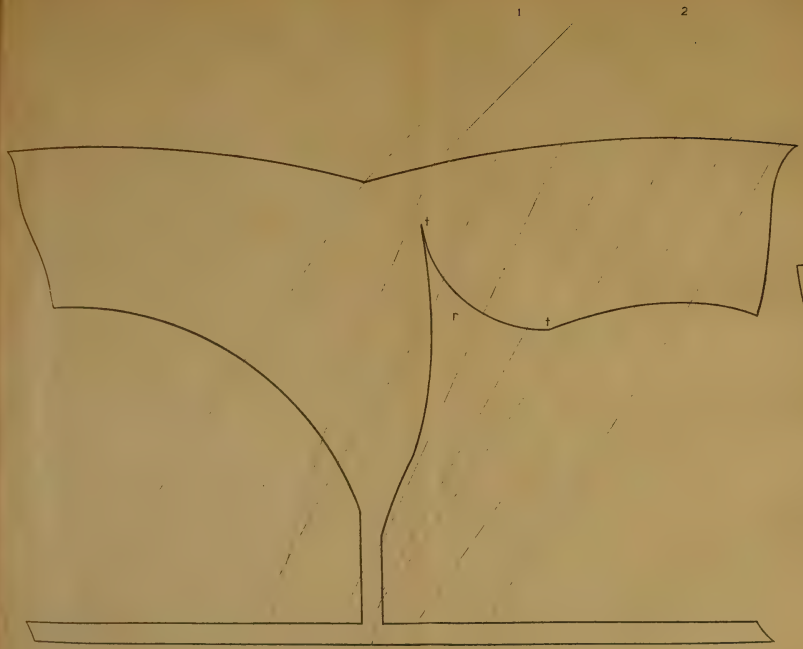
34



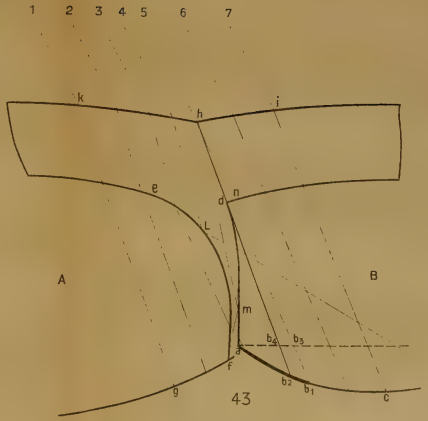
40



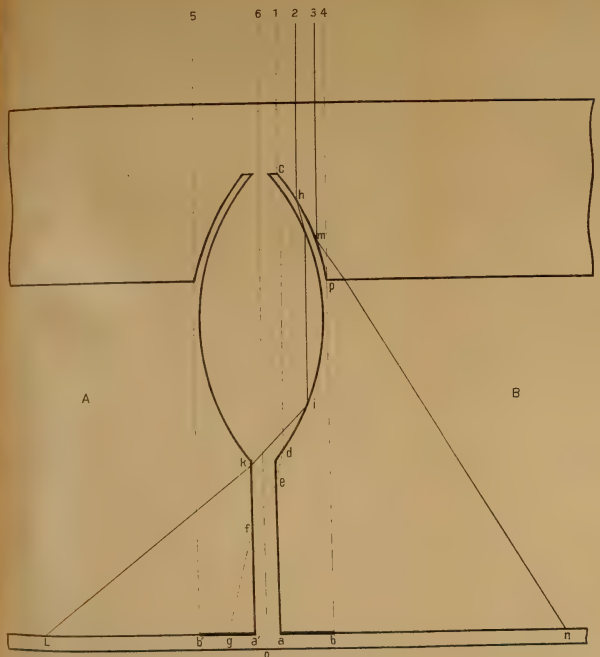
41



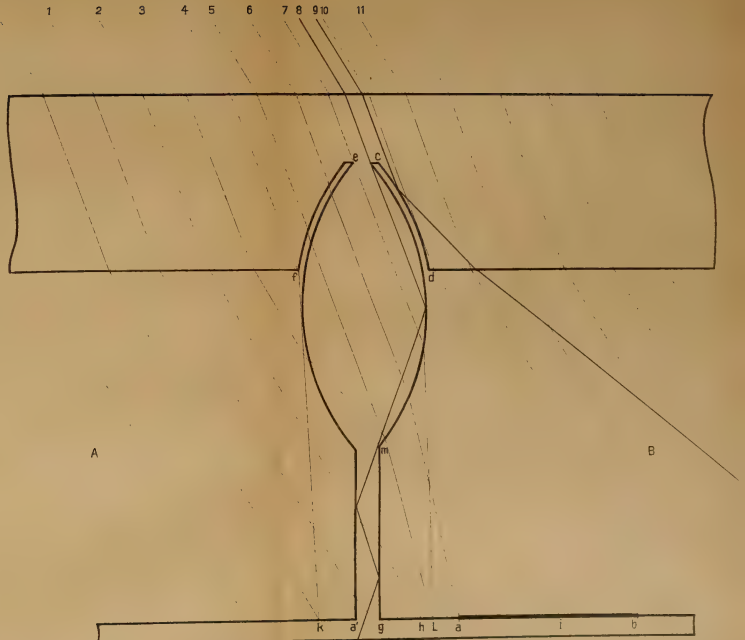
42



43


5
6 1 2 3 4
c
h
m
p
A
B
i
k
d
e
f
L
b g a a b n
o

44


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
e
c
f
d
A
B
m
k a g h L a i b

45

Beiträge zur Kenntnis des Baues und der systematischen Stellung der Arguliden

von

K. Grobben,

w. M. k. Akad.

(Mit 3 Tafeln und 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Jänner 1908.)

Ungeachtet der nicht geringen Zahl von Arbeiten über die Arguliden[1] sind dennoch einige bauliche Verhältnisse dieser Krebse noch recht ungenau bekannt. Zu den am wenigsten erkannten Organen gehört die weibliche Genitaldrüse. Weitere

---

[1] Die wichtigsten hier zu berücksichtigenden Publikationen sind:

L. Jurine, Mémoire sur l'Argule foliacé (Argulus foliaceus). Ann. du Muséum d'hist. naturelle. Paris, t. VII, 1806.

C. Vogt, Beiträge zur Naturgeschichte der schweizerischen Crustaceen. Neue Denkschriften der Allg. schweiz. Gesellsch. für die gesamten Naturwissenschaften, Bd. VII, 1845.

Fr. Leydig, Über Argulus foliaceus. Ein Beitrag zur Anatomie, Histologie und Entwicklungsgeschichte dieses Tieres. Zeitschrift f. wiss. Zool., Bd. II, 1850.

T. Thorell, Om tvenne europeiska Argulider; jemte anmärkningar om Argulidernas morfologi och systematiska ställning, samt en öfversigt af de för närvarande kända arterna af denna familj. Oefversigt af kongl. Vetensk. Akad. förhandlingar (Stockholm) 1864. (Übersetzt in: Annals and Mag. of Natur. Hist., 3. ser., vol. XVIII, 1866.)

C. Claus, Über die Entwicklung, Organisation und systematische Stellung der Arguliden. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XXV, 1875.

Fr. Leydig, Über Argulus foliaceus. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. XXXIII, 1889.

Ch. B. Wilson, North American Parasitic Copepods of the family Argulidae, with a Bibliography of the Group and a systematic Review of all known Species. Proceedings of the United States National Museum, vol. XXV. Washington 1903.

unvollkommene oder unrichtige Angaben finden sich über die männliche Keimdrüse, den Kreislaufsapparat, die Schale. Es sind daher zunächst diese Organe, die in folgendem Berücksichtigung finden sollen. Die fortgesetzte Untersuchung hat aber gezeigt, daß noch andere bauliche Verhältnisse bisher mangelhaft bekannt sind. Eine kurze Besprechung der systematischen Stellung der Arguliden knüpft sich von selbst an.

Die Tiere wurden teils lebend, teils konserviert untersucht. Vom größten Vorteile erwies sich das Studium von Schnittserien; es wurden sowohl Quer- als Längs- und Flächenschnitte angefertigt. Die *Argulus*-Form, die der Untersuchung hauptsächlich zu Grunde lag, war *Argulus foliaceus* L., seltener *A. viridis* v. Nettovich.

Vorliegende Abhandlung gliedert sich in folgende Kapitel: 1. Weibliche Genitaldrüse. 2. Männliche Genitaldrüse. 3. Abdominaldrüse des Weibchens. 4. Kreislaufapparat. 5. Schale. 6. Darm. 7. Systematische Stellung.

1. Weibliche Genitaldrüse.

Nachdem bereits Jurine Lage und Ausdehnung des Ovariums richtig angegeben hatte, beschreibt Leydig in seiner ersten Publikation das Ovarium als einfachen in der Medianlinie des Körpers dorsal über dem Darm gelegenen Schlauch, der sich vom Magen bis zur Basis der Schwanzflosse erstreckt und hier mit einem »äußerst kurzen Eileiter auf einem papillenartigen Vorsprung ausmündet«. Die Hülle des Ovariums besitzt quergestreifte Muskeln, sie ist ferner durch große braune Pigmentflecken ausgezeichnet. Die Eier entwickeln sich in gestielten Follikeln. Wie wenig sicher übrigens Leydig bezüglich der Ovarialhülle war, geht aus der auf p. 347 seiner Abhandlung gemachten Bemerkung hervor, nach der ihm die Hülle des Eierstockes »mehr wie eine Auskleidung der Leibeshöhle selber« erscheint.

Thorell beschreibt das Ovarium von *Argulus coregoni* als ovale Masse; die Eier liegen von einer mit Pigmentflecken versehenen Membran wie in einem Sack umschlossen, umgeben selbst aber erst ein kleineres, fast zylindrisches Organ, das

eigentliche Ovarium, dem sie anhängen. Nach erlangter Reife dürften die sich ablösenden Eier unmittelbar von der äußeren Membran des Ovariums umschlossen werden.

Claus hat sodann an den Entwicklungsstadien von *Argulus* als erster konstatiert, daß das Ovarium aus einer unpaaren rechts- oder linksseitigen Anlage hervorgeht, der paarig angelegte Ovidukt einseitig, und zwar auf der Seite der Ovarialanlage verkümmert. Der Beschreibung Leydig's gegenüber weicht Claus in der Angabe ab, daß das Ovarium kein einfacher Schlauch, sondern ein solider Strang ist. Auch die weitere Beschreibung von Claus gibt keine zutreffende Darstellung der wirklichen Verhältnisse, obgleich sie manche richtige Beobachtung enthält. Claus gibt an, daß beim reifen Weibchen eine äußere Umhüllung des Ovariums auftritt, welche während des Larvenlebens fehlt und offenbar eine akzessorische Bildung ist. Nach Claus (p. 57 des Separatabdruckes) umschließt diese muskulöse, große Pigmentflecken aufweisende Haut sackförmig das Ovarium und ist durch Fasern an den Darm befestigt. Für die Kenntnis der Vorstellung, die sich Claus über die Beziehung dieses Sackes zum Ovarium machte, ist folgende Stelle von Wichtigkeit: »Wenn die Eier ihre volle Größe und Reife erlangt haben, gelangen sie nach Dehiszenz der zarten strukturlosen Ovarialhülle in den Zwischenraum des Ovariums und des äußeren muskulösen Sackes, der somit als Eierbehälter fungiert und wohl auch vermittelst seiner Kontraktionen die Überführung in den Ovidukt besorgt. Freilich gelang es mir nicht, den Anfang des letzteren zu beobachten, indessen möchte es kaum zweifelhaft sein, daß derselbe mit dem Muskelsack verbunden ist und dieser gewissermaßen dem taschenförmigen um das Ovarium herumgeschlagenen Endstück des Eileiters entspricht.«

In den späteren Mitteilungen über den Bau der weiblichen Genitaldrüsen ist Leydig sowohl rücksichtlich des Eierstockes als auch der ausführenden Wege im unklaren geblieben. In der einen Abhandlung[1] vergleicht Leydig den Eierstock von *Argulus* dem Eierstock der Hirudineen, die »Hülle« desselben dem

[1] Fr. Leydig, Beiträge zur Kenntnis des tierischen Eies im unbefruchteten Zustande. Zool. Jahrb. Bd. III, 1889, p. 290.

Sacke der Hirudineen. In der im gleichen Jahre erschienenen zweiten Publikation[1] wird der Eierstock als aus zwei Hälften entstanden beschrieben und seinem Bau nach als zellig erfüllter Schlauch aufgefaßt. Leydig spricht in dieser zweiten Publikation von zwei Hüllen, die den Eierstock umschließen. Bezüglich der Deutung der Hülle wird Leydig schließlich dahin geführt, den Raum des durch die Hülle gebildeten »Sackes« für die Leibeshöhle zu erklären, in welchem die Eier in dreifacher Ringlage sich aufstapeln können. Ebenso unsicher lauten die Angaben in Betreff des Eileiters. Mitunter beobachtete Leydig seitlich vom Hinterende des »Ovarialsackes« ein blinddarmähnliches Gebilde, doch nur von unpaarer Form. Bei jungen Weibchen glaubte Leydig an der gleichen Stelle, aber in symmetrischer Ausbildung »einen kurzen Schlauch zu sehen, der, an beiden Seiten zusammenfließend, mit wulstiger muskulöser Öffnung nach außen mündet«. Leydig gelangt zu der Vermutung, daß ursprünglich ein paariger, später aber bloß einseitiger Eileiter vorhanden ist, was mit Claus' Angabe übereinstimmt. Doch kann sich Leydig nicht des Zweifels entschlagen, »ob die schlauchartige, mit Zellen ausgekleidete Bildung wirklich einen Eileiter vorstellt«. Leydig dünkte, »daß der Schlauch eher die Bedeutung einer ‚Glandula sebacea' haben könne«. Zu dieser Meinung gelangte Leydig durch die Beobachtung, daß die abgelegten Eier von einer Klebesubstanz eingeschlossen werden, für deren Herkunft Leydig ein anderes Organ nicht kennt. So kommt Leydig schließlich zu dem Resultate: »es mündet der pigmentierte ‚Ovarialsack' an der Wurzel der Schwanzplatte mit einem mittleren ‚papillenartigen Vorsprung' aus. Die vermeintlichen Eileiter aber wären Drüsen, welche den Anheftungsstoff für die abgelegten Eier erzeugen.«

Die kurze Beschreibung, welche Wilson[2] von der weiblichen Genitaldrüse gibt, lautet folgendermaßen: »The ovary starts as an unpaired ridge of cells along the right or left side of the intestine. In later development it migrates to the median

[1] Fr. Leydig, Über Argulus foliaceus. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XXXIII, 1889, p. 32 bis 34.

[2] Wilson, a. a. O. p. 694 und 695 und Fig. 21 auf p. 693.

line, and becomes a simple receptable for holding the maturing eggs. It reaches from the stomach to the posterior end of the thorax, where it narrows abruptly into a short oviduct which opens out at the base of the sinus between the lobes of the posterior legs.« Weiter heißt es dann: »The walls of the ovary are muscular, and in most species exhibit peristaltic movements similar to these in the intestine. In some species the dorsal surface is beset with dark brown pigment spots, arranged in somewhat regular longitudinal rows.«

Wie aus der von mir zu gebenden Beschreibung hervorgehen wird, entsprechen die Angaben Wilson's über den Bau der weiblichen Keimdrüse nicht den tatsächlichen Verhältnissen.

Daß in allen bisherigen Arbeiten der Bau des Ovariums von *Argulus* nicht richtig erkannt wurde, hat seinen Grund darin, daß bloß das ganze Tier beobachtet wurde und nicht Schnittserien herangezogen wurden. Die Beobachtung am ganzen, auch lebenden Tier bietet aber in der Tat Schwierigkeiten, die baulichen Verhältnisse der weiblichen Genitaldrüse richtig zu erkennen, woraus die Irrtümmer auch guter Beobachter verständlich werden.

Ich gehe nunmehr an die Schilderung meiner eigenen Befunde.

Das Ovarium erweist sich nach Schnitten als vielfach ausgebuchteter Schlauch (Fig. 1, *Ov*). Es erstreckt sich, wie aus der Dorsalansicht des lebenden Tieres (Textfig. 1, *Ov*), besser noch aus dem Längsschnitte hervorgeht, durch die drei vorderen Thorakalsegmente und lagert zwischen dem Darm und dem Kreislaufsorgan. Das Ovarium liegt nicht streng median, sondern etwas asymmetrisch nach rechts oder links von der Medianlinie verschoben, was an Querschnitten nach der Lagerung des Keimlagers des Ovariums sofort erkennbar ist. Am Vorderende und nicht am Hinterende, wo bisher immer der Oviduktanfang vermutet wurde, geht das Ovarium in den Ovidukt über, der wohl paarig angelegt ist, aber nur einerseits in Funktion bleibt, während jener der Gegenseite obliteriert. Und zwar obliteriert der Ovidukt an der Seite, gegen welche das Ovarium asymmetrisch verlagert erscheint, somit rechterseits, wenn das Ovarium nach rechts, und linkerseits, wenn es nach links hin

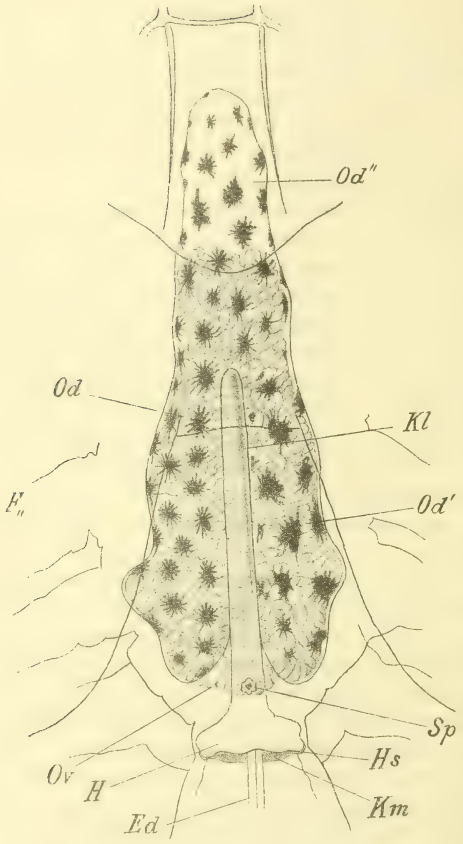


Fig. 1.

Übersichtsbild der weiblichen Keimdrüse mit der Umgebung nach dem lebenden Objekt. Dorsalansicht. Das Ovarium schimmert grau durch. Der rechte Ovidukt ist obliteriert, seine Ausdehnung nach der Verbreitung der größeren Pigmentflecken erkennbar. Hartnack Obj. IV, Oc. 3, eingezog. Tub. Ohne Kamera gezeichnet. Buchstabenerklärung wie bei den Tafelfiguren.

gelagert erscheint. Der Ovidukt bildet zunächst eine blindsackförmige, gegen vorn zu sich etwas verschmälernde Ausbuchtung, die sich in der Fortsetzung des Ovariums dorsal über dem Vorderabschnitt des Magendarmes zwischen diesem und der Aorta nach vorn erstreckt. Dann geht der (funktionierende) Ovidukt linksseitig oder rechtsseitig längs des Ovariums nach hinten, biegt im letzten Thorakalsegmente nach der Ventralseite ab zu dem am Ende des letzten Thorakalsegmentes gelegenen Genitalatrium, wie ich die vor der Genitalöffnung gelegene Hauttasche des Ausführungsapparates bezeichnen will. Die weibliche Genitalöffnung findet sich ventral am Hinterrande des letzten Thorakalsegmentes. Der obliterierte Ovidukt der Gegenseite hat eine gleiche Lagerung wie der funktionierende. Die Ovidukte sind durch dunkle Pigmentflecken ausgezeichnet, aus deren Verbreitung die Form und Ausdehnung der Ovidukte schon am ganzen Tier erkennbar ist.

Das Übersichtsbild, das ich in Textfig. 1 von der weiblichen Genitaldrüse gegeben habe, ist nach dem lebenden Objekte angefertigt. An einem solchen ist aber die Lage und Ausdehnung des Keimlagers ohne Kenntnis der Schnitte kaum aufzufinden; es ist letzteres daher in der Zeichnung teilweise nach Schnitten eingetragen. Es ist aber auch am lebenden Objekte das Vorderende der vorderen unpaaren Oviduktausstülpung nicht sicher bestimmbar, da ein vorderer Kontur nicht unterschieden werden kann, und gleiches gilt von der Übergangsstelle des Ovariums in den Ovidukt. Hier hilft einmal der Vergleich mit den Schnittserien, dann aber die Verteilung der Pigmentflecken, aus der die Ausdehnung der Ovidukte zu erkennen ist, endlich hat ein Zufall mir ein Mittel geboten, nicht nur die Grenzen der Ovidukte am ganzen Tiere genau festzustellen, sondern sogleich auch bestimmen zu können, welcher Ovidukt bei dem betreffenden Weibchen obliteriert ist. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die Oviduktgrenzen bei Weibchen, die sich im Absterben befinden, deutlich sichtbar werden. Man kann sich daher solche Bilder immer verschaffen, wenn man die Weibchen in ihrem Aufenthaltswasser ohne Zusatz irgend eines Reagens zum Absterben bringt. Solange der Körper noch durchsichtig bleibt, treten dann die Konturen der Ovidukte deutlich

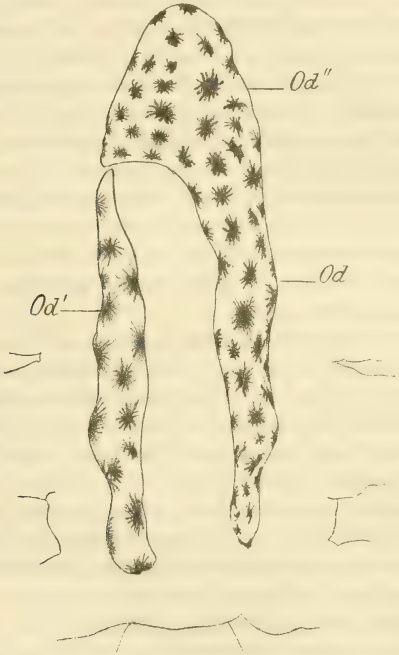
hervor. Die Ursache dieser Erscheinung mag in einer teilweisen Gerinnung der Plasmas der Epithelzellen der Ovidukte gelegen sein; bei dem funktionierenden Ovidukte scheint mir eine Quellung des Oviduktsekretes dazu beizutragen, daß die Form des funktionierenden Oviduktes und dadurch auch seine Abgrenzung gegen den obliterierten Teil schärfer hervortritt (vergl. Textfig. 2).

Durch die Untersuchung solcher absterbender Weibchen bin ich auch darauf aufmerksam geworden, daß sich die Pigmentflecken des obliterierten Oviduktes von jenen des funktionierenden Teiles unterscheiden. Sie sind vor allem größer, dunkler und weniger reich ausstrahlend, auch sind sie in geringerer Anzahl vorhanden. Die Gründe für diese Verschiedenheit werden erst nach Besprechung des histologischen Baues zu erörtern sein. Die verschiedene Ausbildung der Pigmentflecken gibt nun ein Mittel an die Hand, schon am frischen lebenden Tiere den nicht funktionierenden Ovidukt zu erkennen sowie seine Ausdehnung zu bestimmen, da ja sonst eine Grenze gegen den funktionierenden Ovidukt hin nicht auffindbar ist. In Textfig. 1 ist eine weibliche Genitaldrüse mit rechterseits obliteriertem Ovidukt nach dem lebenden Objekte dargestellt, in Textfig. 2 sind die Ovidukte eines im Absterben begriffenen Weibchens abgebildet, hier ist der linksseitige Ovidukt der obliterierte.

Die asymmetrische Lage der weiblichen Genitaldrüse und asymmetrische Ausbildung des Oviduktes hat zuerst Claus an Jugendformen richtig beobachtet; Claus gibt auch an, daß die Ovarialanlage rechts- oder linksseitig sein könne, wobei stets nur der Ovidukt der Gegenseite zur Ausbildung gelangt.[1] Doch möge ausdrücklich darauf verwiesen werden, daß Claus beim ausgebildeten Tiere gleich wie die übrigen bisherigen Beobachter von *Argulus* die von mir als Ovidukt erkannten, mit Pigmentflecken ausgestatteten Teile als Ovarialhülle ansieht und als akzessorische Bildung betrachtet, die erst beim reifen

[1] Übrigens sei hier auf Jurine's Fig. 3 verwiesen, die ein Argulus-Weibchen, von der Ventralseite gesehen, in der Eiablage darstellt. Aus der Figur ist ersichtlich, daß der linksseitige Ovidukt der funktionierende ist.

Weibchen auftritt. Allerdings vermutet Claus einen Zusammenhang des Muskelsackes mit dem Ovidukte und glaubt, daß der Muskelsack »gewissermaßen dem taschenförmigen um das Ovarium herumgeschlagenen Endstück des Eileiters entspricht«.



Figur 2.

Übersichtsbild der Ovidukte eines im Absterben begriffenen Weibchens. Dorsalansicht. Der linke Ovidukt ist der obliterierte. Vergr. wie Textfig. 1. Ohne Kamera gezeichnet.

Was die besondere Gestaltung des Ovariums anbelangt (an den abgebildeten Schnittpräparaten handelt es sich stets um ein rechtsverlagertes Ovarium), so erweist sich nach Querschnitten (Fig. 4, 5, 6) die Dorsalwand desselben als sehr schmal. Sie ist mit der rechten Seite der Ventralwand der Aorta fest verbunden.

Diese Verbindung wird durch zahlreiche Bändchen hergestellt, die zwischen der Tunica propria der Ovarialwand und der Tunica externa der Aorta ausgespannt sind (Fig. 14, 15). Die freien, in die Leibeshöhle hineinhängenden Seiten- und Ventralwand des Ovariums erscheinen vielfach in größere und kleinere Falten ausgezogen. Nur an diesen Wandteilen des Ovariums erfolgt die Ausbildung der Eier, die einzeln, in gestielten nach außen in die Leibeshöhle vorspringenden Follikeln eingeschlossen, heranwachsen und dem Ovarium eine traubenförmige Gestalt verleihen. Die schmale Dorsalwand des Eierstockes trägt eine in das Ovariallumen vorspringende Leiste von Keimzellen, die gegen hinten zu allmählich verstreicht (Fig. 1, *Kl*). Diese Leiste erscheint im Querschnitte aus dem Vorderteile des Ovariums etwa dreieckig, nach hinten zu verschmälert sie sich zu einer schmalen Platte. Ich fasse diese Leiste als die Stätte der Ureier auf und bezeichne sie daher als Keimlager.

Im histologischen Aufbau besteht die Ovarialwand aus einer Tunica propria, die eine feine Fältelung zeigt (Fig. 20). Nach innnen von derselben liegt dorsal das Keimlager, an den übrigen Wandteilen das Ovarialepithel auf. Das Keimlager zeigt in mehreren Lagen Zellen vom Charakter junger Eizellen; die basal gelegenen Keimzellen sind etwas größer, besitzen auch einen größeren Kern, während gegen die Innenfläche hin kleinere Zellen folgen (Fig. 14, 15). Die Zellgrenzen der Keimzellen sind bei guter Konservierung deutlich zu erkennen. Die Gestalt der Zellen ist rundlich, nur bei dichter Aneinanderlagerung infolge des gegenseitigen Druckes eine mehr polygonale.

An den übrigen Wandteilen des Ovariums ist eine einschichtige Epithelbekleidung vorhanden. Das Epithel ist im dorsalen hinteren Wandteile, der sich an das Keimlager anschließt, bis hochzylindrisch (Fig. 20) und flacht sich an der Seiten- und Ventralwand bis zu einem Pflasterepithel ab. In diesem Epithel liegen basal jugendliche Eizellen, die mit ihrem weiteren Wachstum die Tunica nach außen vorstülpen und auf diese Weise in einen bloß von der Tunica propria gebildeten Follikel gelangen, der sich an seiner Basis stielförmig verengt. Das heranwachsende Ei gewinnt, wie bekannt, eine längliche ovoide Gestalt und erreicht auch durch reiche Einlagerung von Deutoplasma

eine sehr bedeutende Größe. Die peripherische Schichte des Eiplasmas liefert eine kutikulare Hülle, die an Schnitten streifig und wie aus Stäbchen zusammengesetzt erscheint. Diese Hülle, die somit ein Produkt der Eizelle ist, hat Claus Chorion genannt, obgleich er ihre Entstehung vom Ei aus richtig erkannt hat. Sie verdient jedoch die Bezeichnung einer Dottermembran. Im Lumen des Ovariums findet sich ein Sekret, das wie jenes des Oviduktes aussieht und offenbar von den Epithelzellen der Ovarialwand abgeschieden wird. Nach erlangter Reife gelangen die Eier (durch Wiederöffnung des Follikelstieles) in das Lumen des Ovariums und von hier in den Ovidukt. Davon konnte ich mich an Querschnitten von zwei Weibchen, die sich vor der Ablage der Eier befanden, überzeugen.

Wie schon früher kurz angegeben wurde, setzt sich der Ovarialsack an seinem Vorderende in den Ovidukt fort (Fig. 1, 12), der nur einseitig, und zwar bei rechtsseitiger Lage des Ovariums, wie sie von mir an den Schnittserien beobachtet wurde, linksseitig in Funktion ist. Jedoch bleibt auch der Vorderabschnitt des rechtsseitigen Oviduktes in Funktion (vergl. Fig. 12, *Od'*), während die übrige Strecke des letzteren obliteriert.

Der Ovidukt bildet zunächst an seinem Vorderende den schon erwähnten medianen Blindsack, der, wie Querschnitte zeigen (Fig. 12 und 13), breit ist und sich auch nach rechts hin gegen den Beginn des in seiner übrigen Strecke obliterierten Oviduktes ausdehnt, nach links in den funktionierenden Ovidukt übergeht. Letzterer ist gleichfalls sackförmig weit, aber in nicht gefülltem Zustande seitlich komprimiert und liegt mantelartig um die linke Seite des Ovariums ausgebreitet (Fig. 4, 5, 6, *Od*). Dorsal steht er mit der Aortenwand in fester Verbindung, ventral ist er durch Bindegewebsbalken an der Darmwand befestigt. Vom rechten Ovidukte ist nur der vorderste Abschnitt an der Stelle des Überganges des Ovariums in den Ovidukt voll entwickelt, der ganze hintere Teil desselben obliteriert und ohne Lumen. Dieser rudimentäre rechte Ovidukt liegt in gleicher Weise wie der vollausgebildete linke lateral vom Ovarium mantelartig ausgebreitet und ist in gleicher Weise dorsal an der Aorta, ventral mittels Bindegewebsbrücken an den Darm befestigt (Fig. 4, 5, 6, *Od'*).

Auf diese Weise ist das Ovarium zwischen Aorta und Darm, rechts und links von den Ovidukten umhüllt, wie in einem Sacke eingeschlossen und in einem besonderen Abschnitte der Leibeshöhle gelegen, den ich als zirkumgenitalen Leibeshöhlenabschnitt (*Lg*) bezeichne. In diesen relativ ziemlich abgeschlossenen Leibeshöhlenabschnitt ragen die der Ovarialwand nach außen anhängenden Eifollikel hinein. Der zirkumgenitale Leibeshöhlenabschnitt ist nach hinten bis zum Herzen hin zu verfolgen; er verschmälert sich in dieser Richtung allmählich und endet hinten zwischen dem Herzen und dem Enddarme blind (vergl. Fig. 1). Er wird in der kurzen Strecke hinter den Ovidukten seitlich bloß von einer bindgewebigen Wand begrenzt (Fig. 3, *Lg*). Nach vorn zu kommuniziert dieser Leibeshöhlenabschnitt durch eine schmale, ventral von medianen vorderen Blindsacke des Oviduktes gelegene Spalte mit dem Leibeshöhlenraume unterhalb des vorderen Aortenendes. Außerdem sind seitlich Kommunikationslücken zwischen den Bindegewebsbrücken vorhanden.

Die in den vorigen Kapiteln beschriebene eigenartige Ausbildung und Lagerung der Ovidukte und die Schwierigkeit, am ganzen Tier in diese Verhältnisse Einblick zu gewinnen, haben zu der bisherigen irrtümlichen Deutung der Ovidukte als Hülle des Ovariums Anlaß gegeben. Den zirkumgenitalen Leibeshöhlenabschnitt deutete Leydig richtig als Leibeshöhle, wogegen nach der oben zitierten Stelle von Claus dieser Raum dem Oviduktlumen zuzurechnen wäre.

Der ausgebildete linke Ovidukt steigt in der Gegend des hinteren Ovarialendes ventralwärts hinab und mündet in das Genitalatrium (Fig. 3, *Ga*). Letzteres besitzt die Gestalt einer breiten Tasche und hat, wie aus dem histologischen Aufbau zu schließen ist, durch Einsenkung von der Haut aus seine Entstehung genommen. Die Ausmündung des Genitalatriums befindet sich am ventralen Hinterrande des letzten Thorakalsegmentes (Fig. 1, *Ga*).

Ist der funktionierende Ovidukt vor der Eiablage mit reifen Eiern erfüllt, so erscheint er mächtig sackförmig aufgetrieben. Er nimmt dann eine fast mediane Lage in der Hauptachse des Körpers ein und drängt das sich leerende Ovarium dorsal- und

lateralwärts; auch der Darmkanal erscheint dann stark zusammengepreßt. Durch einen so gefüllten Ovidukt kann leicht die Vorstellung erweckt werden, daß nur ein medianer sackförmiger Ovidukt vorhanden ist. Tiere mit derart aufgetriebenem Ovidukt liegen der Abbildung in der älteren Arbeit von Leydig und jener von Wilson *(Argulus americanus)* zu Grunde und gerade die Untersuchung solcher *Argulus*-Weibchen hat zweifellos mit zu einer unrichtigen Auffassung vom Baue der weiblichen Keimdrüse viel beigetragen.

Im histologischen Aufbau zeigt der funktionierende Ovidukt ein flaches Epithel, das als Pflasterepithel zu bezeichnen ist (Fig 11). Das drüsige Plasma der Epithelzellen ist körnelig. An der distalen Oviduktwand kommt es im Epithel zur Ausbildung schwach kegelförmig gegen das Lumen vorspringender Gruppen hoher, breiter Epithelzellen *(P)*, die im Schnitte fächerartig angeordnet erscheinen, von der Fläche betrachtet eine schon früheren Beobachtern bekannte radienförmige Anordnung zeigen. In diesen Zellen wird reichliches braunes Pigment entwickelt und diese Zellgruppen bilden die großen Pigmentflecke, deren Verbreitung die Ausdehnung der Ovidukte beim ganzen Tiere zeigt. Das Epithel des Oviduktes sondert ein zähes schleimiges Sekret ab, welches das Oviduktlumen in Form von Fäden durchzieht. Es ist beim leeren Ovidukt in geringerer Menge vorhanden. In dem mit zur Ablage reifen Eiern erfüllten Ovidukte hingegen findet es sich reichlich im Umkreis der Eier vor und hat ein schaumiges Aussehen. Es dient dieses Sekret offenbar zur Befestigung des abgelegten Eies an fremden Gegenständen und entspricht der schaumigen Hülle des Eies, die Claus in Fig. 2 abbildet und von der er angibt, daß sie aus der verquollenen äußeren gestreiften Schichte der von ihm als Chorion bezeichneten Eihülle (rekte Dottermembran) hervorgehe. Schon Jurine hat dieses zähe Sekret durch Eröffnung der weiblichen Genitaldrüse (»matrice«) und seine Zunahme bei Vorhandensein reifer Eier richtig beobachtet; es ist auch von Leydig und Wilson an den abgelegten Eiern gesehen worden. Leydig leitete dieses Klebesekret von einer besonderen »Glandula sebacea« ab.

Nach außen wird das Epithel des Oviduktes von einer Bindegewebshülle umgeben, in der beim funktionierenden Ovidukte starke in verschiedener Richtung angeordnete Muskeln verlaufen, welche die kräftigen Kontraktionen des Oviduktes bedingen.

Was den obliterierten Ovidukt der Gegenseite betrifft, so wird die Hauptmasse desselben von seinem erhalten gebliebenen Hüllgewebe gebildet. Letzteres stellt die Gewebswand vor, die in symmetrischer Lage mit dem funktionierenden Ovidukt das Ovarium lateral umhüllt. Aber auch Reste des Epithels vom obliterierten Ovidukte sind erhalten. Es sind dies einmal die in dem genannten Bindegewebe eingeschlossenen Gruppen von Pigmentzellen, die an Schnitten als spindelförmige Pigmenthaufen erscheinen, nach Zerstörung des Pigmentes aber die einzelnen gleichfalls radienartig angeordneten Zellen erkennen lassen. Diese Pigmentzellen entsprechen den pigmentierten Epithelzellen des funktionierenden Oviduktes und bilden Pigmentflecke wie bei letzterem. Doch zeigen, wie bereits früher erörtert wurde, die Pigmentflecken des nicht funktionierenden obliterierten Oviduktes ein von jenen am funktionierenden Ovidukte etwas verschiedenes Aussehen, indem sie größer, weniger reich ausstrahlend und etwas dunkler sind. Die Ursache für diese Verschiedenheit in der Ausbildung ist wohl nur in der Obliteration des Lumens im nicht funktionierenden Ovidukte zu suchen.

Außer den pigmentführenden Epithelzellen dürften auch Reste der nicht pigmentierten Sekretzellen des rechten Oviduktes vorhanden sein in Gestalt einzelner abgeplatteter Zellen, wenn es auch meist sehr schwierig ist, am Objekte zu entscheiden, ob eine flache Zelle, zuweilen nur erkennbar an ihrem abgeplatteten Kern, innerhalb der Bindegewebswand tatsächlich eine solche abgeplattete Epithelzelle ist oder nicht etwa dem Bindegewebe angehört. Die eingeschlossenen Epithelreste im obliterierten Ovidukt erinnern an die Kathammalplatte der Medusen, mit welcher sie auch rücksichtlich ihrer Ableitung aus verwachsenen Epithelwänden übereinstimmen.

Zum Schluß sei noch kurz der Befestigungsweise des ganzen Eingeweidekomplexes an der Leibeswand gedacht.

Ovarium und Darm, vom funktionierenden und vom obliterierten Ovidukt umschlossen, sind, wie aus der früheren Beschreibung hervorgeht, direkt oder, wie der Darm, indirekt mit der Aorta in einem Komplexe verbunden. Zwischen letzterer und der Leibeswand finden sich paarige oder unpaare, mesenterienartig ausgespannte Bänder, durch welche zugleich der ganze Eingeweidekomplex an der Leibeswand dorsal aufgehängt erscheint. Dazu kommen jedoch noch intersegmental gelegene seitliche bindegewebige Befestigungsbänder (vergl. Fig. 5, *B*), die entweder von der Dorsalwand des Körpers direkt an die Ovidukte herantreten oder zwischen der Dorsal- und Ventralmuskulatur neben dem Darm verlaufende Bindegewebsbrücken bilden, von denen Abzweigungen an die Ovidukte und den Darm gehen (Fig. 13). Die diese Bänder aufbauende Bindesubstanz ist dem blasigen Bindegewebe zuzurechnen.

Mit Rücksicht auf die Duplizität des Oviduktes (wenigstens der Anlage nach) und die Paarigkeit der homologen männlichen Keimdrüse erscheint wohl die Annahme gerechtfertigt, daß das einfache Ovarium von *Argulus* aus der Verschmelzung ursprünglich paariger Ovarialanlagen hervorgegangen ist und seine asymmetrische Lagerung mit der Obliterierung des einen Oviduks zusammenhängt. Auch von Leydig findet sich der Eierstock als aus zwei Hälften entstanden beschrieben.

Auf die von mir als Keimlager bezeichnete Zellmasse im Ovarium komme ich nach Besprechung des Baues der männlichen Keimdrüse zurück.

2. Männliche Genitaldrüse.

Lage und allgemeine Form der männlichen Genitaldrüse sind ebenso wie der ausführende Apparat derselben genügend bekannt. Einige bisher nicht beschriebene Tatsachen, betreffend die Histologie des Hodens und der Vasa efferentia, verdienen auch in Bezug auf die Übereinstimmung mit der weiblichen Keimdrüse unser Interesse.

Aus der Lage der Vasa efferentia zwischen Darm und Herzen läßt sich auf die ursprünglich mit dem Ovarium übereinstimmende Lagerung der männlichen Keimdrüse dorsal vom Darm schließen; die männliche Keimdrüse gelangt nur früh-

zeitig und, wie später zu begründen versucht werden wird, bloß mit ihrem Hauptteile in die Höhle der Schwanzplatte hinein. Es ist somit die von Claus[1] in Betracht gezogene Möglichkeit, daß »die Stammformen der Arguliden hermaphroditisch waren und später bei der Separierung der Geschlechter die mit dem Hoden gleich gelegene Samenkapsel des Weibchens aus dem gleichen Zellmateriale hervorging«, nicht zu begründen. Auch ist die Lage der männlichen Keimdrüse in der Schwanzplatte durchaus nicht die gleiche wie jene des Befruchtungsapparates beim Weibchen; letzterer weist mit seiner Ausmündung an der Ventralwand der Schwanzplatte auf seine Entwicklung von dieser Körperstelle aus hin, die männliche Keimdrüse aber ist, wie der Verlauf der Vasa efferentia lehrt, eine ursprünglich dorsale (vom Darm).

Um die männliche Keimdrüse in Rücksicht auf ihre Übereinstimmung mit der weiblichen zu vergleichen, ist die Kenntnis des histologischen Aufbaues des Hodens und der Vasa efferentia sowie jene betreffend die Entwicklung der Keimzellen notwendig.

Aus Längs- und Querschnitten ergibt sich über den Bau des Hodens folgendes: Die Hodenwand besteht aus einer starken Tunica propria und den innen anliegenden Genitalzellen (Fig. 8). Als Keimlager ist jene Keimzellenmasse anzusehen, die die Hodenwand im Umkreis der Einmündungsstelle des Vas efferens in den Hoden bekleidet. Hier finden sich Zellen vom histologischen Charakter der Keimzellen, in mehreren Lagen gehäuft. Sie nehmen in etwas größerer Breite den vorderen dorsalen Teil des Hodens ein. Am entgegengesetzten ventralen Wandteile des Hodens, und zwar ein wenig mehr gegen hinten gelagert, finden sich die reifen, beziehungsweise heranreifenden Spermien. Zwischen den beiden bezeichneten Stellen bilden die Entwicklungsstufen der Samenmutterzellen bis zur vollen Ausbildung der Spermien den Wandbelag. An das Keimlager schließen sich allseitig die Spermatocyten (Samenmutterzellen) an, und zwar lösen sich diese in Gruppen von dem Keimlager ab. Auf diese folgen die Spermatiden, in Gruppen gehäuft.

[1] Claus, l. c. p. 54 des Separatums.

Nach den in Teilung befindlichen Spermatocytengruppen und der Größe der Teilungsprodukte zu schließen, findet eine zweimalige Teilung statt. Auch gestatten die Bilder, die zur Beobachtung gelangten, den Schluß, daß diese beiden Teilungen rasch aufeinanderfolgen. Die Spermatiden, die ursprünglich kugelig sind, gewinnen eine längliche Form. Man findet sie zu dieser Zeit in Büscheln um basale große Wandzellen angeordnet, die sich durch relativ große Kerne und körnigen Zellinhalt auszeichnen. Es sind die Samennährzellen, die bereits unterhalb der jüngeren Entwicklungstadien der Hodenzellen zu finden sind. Mit den genannten Samennährzellen treten nun die heranreifenden Spermatiden in Verbindung und erfahren die histologische Umbildung zu den fadenförmigen Spermien. Die Samennährzellen *(SN)*, die anfänglich flach sind, erheben sich allmählich zu hohen Säulen (vergl. auch Fig. 7, *SN*), wobei ihre Kerne auch hoch hinaufrücken; ihren oberen Enden sitzen in Bündeln die fadenförmigen Spermien an. Endlich lösen sich letztere ab.

Die Veränderungen, welche die Nährzellen weiterhin nach Abstoßung der Spermien zeigen, sind am besten aus Querschnitten zu erkennen, An solchen fällt zunächst die symmetrische Anordnung der verschiedenen Entwicklungsstadien in jedem Hoden auf (Fig. 7). Während an der Dorsalwand die jüngsten Stufen gelegen sind, wird die Ventralwand von den großen Nährzellen eingenommen. An den Zwischenstrecken der Seitenwand sind die Zwischenstadien zu finden. In der Mitte der Ventralwand, zu beiden Seiten von den am höchsten erhobenen Samennährzellen mit ihren Spermienbüscheln vollständig eingeschlossen, liegen mit den Samennährzellen in histologischer Hinsicht übereinstimmende Epithelzellen. Letztere sind dicht zusammengedrängt und erscheinen am Querschnitt des Hodens gleichfalls in symmetrischer Anordnung. Eine Verbindung mit Spermien besitzen sie nicht. Sie sind gewölbeartig über eine in ihrer Mitte gelegene, im Querschnitte rundliche Zellmasse *(Z)* gelagert, die den Charakter fettiger Degeneration zeigt. Die gewölbartig eingekrümmten Epithelzellen sind offenbar nichts anderes als jene Nährzellen, welche ihre Spermien bereits abgestoßen haben; in der von ihnen umschlossenen

Zellmasse handelt es sich um degenerierende Nährzellen, wie Übergänge zwischen letzteren und ersteren lehren.

Über die Entwicklung der Keimzellen im Hoden läßt sich somit zusammenfassend sagen, daß von dem vorne gelegenen, dorsal etwas breiteren Keimlager aus sich nach allen Seiten längs der Hodenwand die Spermatocyten und ihre Abkömmlinge in einem Strome gegen die Mitte der hinteren Hälfte der ventralen Hodenwand vorschieben, an welcher die histologische Differenzierung der Spermien im Zusammenhang mit Samennährzellen erfolgt. Nach Abstoßung der Spermien verkürzen sich die Samennährzellen, werden zwischen den nachdrängenden, noch funktionierenden Nährzellen zusammengedrängt und verfallen schließlich der Degeneration.

Was nun den histologischen Bau der Vasa efferentia anbelangt, so zeigen Quer-, besser noch Längsschnitte, daß die Wand mit Zellen bekleidet ist, die mit den Zellen des Keimlagers im Hoden übereinstimmen und stellenweise wie diese in mehreren Lagen übereinander liegen. Auf diese Weise kommt es, daß stärker vorspringende Wülste der epithelialen Bekleidung gegen das sehr enge Lumen des Vas efferens vorragen (Fig. 10, *Ve*). Diese Wülste stoßen scharf abgesetzt an das drüsige Epithel der Vesicula seminalis, das hier, zu einem Wall erhöht, eine Art Klappe bildet (Fig. 10, *Vs*).

Nach seinem Bau muß man das Vas efferens zur Keimdrüse rechnen; es stellt einen als Ausführungsgang kanalartig entwickelten Teil letzterer vor. Zusammengehalten mit der dorsalen Lage des Vas efferens gibt sein Bau eine weitere Stütze für die Ansicht, daß auch der fertile Teil der männlichen Keimdrüse seiner Anlage nach dorsal von Darm gelegen war und daß seine eigentümliche Lagerung in der Schwanzplatte eine sekundäre ist.

Es entsteht nun die Frage, ob die epitheliale Bekleidung des Vas efferens fertiles oder steriles Keimepithel vorstellt. Es ist wahrscheinlich, daß der ganze vordere Teil des Vas efferens nur steriles Keimepithel enthält; dagegen erscheint es nicht ausgeschlossen, daß der an das Keimlager des Hodens anstoßende Teil des Vas efferens-Epithels beim Wachstum des Hodens in das Keimlager einbezogen und fertil wird. Direkte Beob-

achtungen für die ausgesprochene Ansicht stehen mir aber nicht zur Verfügung.

Ein Vergleich zwischen Ovarium und Hoden zeigt eine große Übereinstimmung in Lage und Bau. Beiderlei Keimdrüsen liegen dorsal vom Darm, diese Lage ist beim Hoden allerdings sekundär geändert, bei beiden ist die Reifungszone der Keimdrüse an der Ventralwand der letzteren zu finden.

Es drängt sich aber bei einem Vergleiche beider Keimdrüsen noch die Frage auf, ob der mediane Wulst von Keimzellen an der Dorsalwand des Ovariums nicht etwa wie die Keimzellenwülste des Vas efferens wenigstens zum Teil steriles Keimepithel vorstellt. Diese Frage erscheint aus dem Grunde auch berechtigt, weil überall in den übrigen Wandteilen des Eierstockes zwischen den heranreifenden Eizellen jugendliche Eizellen zu finden sind. Mangels entscheidender Beobachtungen kann ich auf Grund einiger Bilder nur meine Meinung aussprechen, die dahin geht, daß beim Wachstum des Ovariums die Randteile des Keimlagers in die Reifungszone des Ovariums einbezogen werden dürften.

3. Abdominaldrüse des Weibchens.

Schon von Claus, Leydig und Wilson ist beobachtet worden, daß die männliche und weibliche Schwanzplatte Verschiedenheiten aufweisen. Die Verschiedenheiten liegen darin begründet, daß die männliche Schwanzplatte in ihrer Mitte die Keimdrüse eingelagert enthält, die weibliche Schwanzplatte im vordersten Abschnitte die Receptacula seminis mit dem ausführenden Apparat einschließt.

Claus[1] hat am weiblichen Abdomen eine ventrale bauchige Vorwölbung des Integumentes mit dicht gestellten eigentümlichen Drüsenzellen zwischen und unterhalb der beiden Samenkapseln erwähnt. Über die Ausmündung und die Bedeutung dieser Drüsenzellen ist Claus nicht klar geworden. Die Drüsenzellengruppe ist von Claus auch in Fig. 41 eingezeichnet worden; doch gibt die Figur, wie meine eigenen Beobachtungen zeigen, keineswegs ein genaues Bild von der

[1] Claus, a. a. O. p. 59.

Anordnung des Drüsenkomplexes und der Formgestaltung dieser Körperstelle.

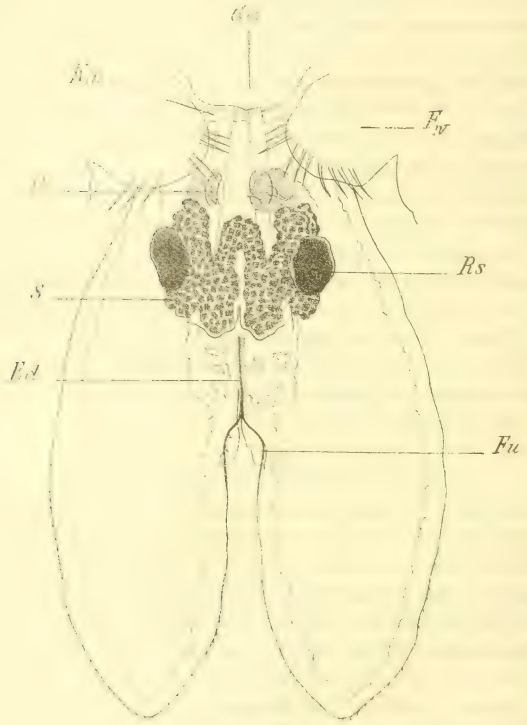


Fig. 3.

Schwanzplatte des Weibchens, von der Ventralseite gesehen, um Lagerung und Form der Abdominaldrüse zu zeigen, nach dem lebenden Objekt. *Ga* der Vorsprung des letzten Thorakalsegmentes, der das Genitalatrium enthält und die Geschlechtsöffnung trägt. Vergr. 73.

Die Anordnung dieser Drüsenmasse geht besser als aus einer langen Beschreibung aus der von mir gegebenen Abbildung hervor (Textfig. 3, *S*), die nach dem lebenden Objekte an-

gefertigt ist. Aus Fig. 1 und Fig. 9 ist ferner zu ersehen, daß der Drüsenkomplex der Ventralwand des Abdomens dicht anliegt. Im frischen Zustande zeigt diese Drüse eine braunrötliche Färbung und hebt sich dadurch sehr gut hervor.

In ihrem histologischen Verhalten und in Größe unterscheiden sich die Drüsenzellen von allen übrigen Drüsen, die bisher bei *Argulus*, zuletzt von L. v. Nettovich[1] am eingehendsten untersucht und unterschieden worden sind. Ich bezeichne diesen Drüsenkomplex als Abdominaldrüse. Bemerkt sei hier noch, daß beim männlichen Tier diese Drüse fehlt.

In der Abdominaldrüse handelt es sich um einen Komplex von, wie aus den Schnitten zu eruieren ist, stets zweizelligen Hautdrüsen, deren Ausführungsgänge dünn und röhrchenartig sind (Fig. 9). Alle Drüsen sind von einer gemeinsamen Hülle umgeben und dicht aneinandergelagert. Die Ausführungsgänge münden einzeln in Poren aus, in einer Verteilung, die im allgemeinen der äußerlich unterscheidbaren Anordnung des Drüsenkomplexes entspricht. Sie liegen somit in je einem Zuge gegen die beiden am Hinterrande der Vorwölbung des Abdomens befindlichen Vorsprünge und in einem zweiten Zuge, der der äußeren um die Receptacula seminis gelagerten Drüsenzellmasse entspricht.

An Schnitten durch konservierte Tiere erscheinen die durch gegenseitigen Druck sich gegeneinander etwas abplattenden Drüsenzellen von feinkörnigem Inhalte, der gleichmäßig die Zelle erfüllt. Nur an einer Stelle, und zwar da, wo der Ausführungsgang entspringt, liegt eine strahlenartig angeordnete dichtere Plasmamasse. Aus der gegenseitigen Anordnung letzterer in je zwei benachbarten Zellen schließe ich auf die Zweizelligkeit der einzelnen Drüse. An dieser Stelle entspringt mit einer schwach trichterförmigen Verbreiterung der Ausführungsgang, der bei tiefer gelagerten Drüsenzellen eine recht ansehnliche Länge erreicht. An dem Ursprung des Ausführungsganges fand ich einen kleinen Kern, der nur einer besonderen Zelle angehören

[1] L. v. Nettovich, Neue Beiträge zur Kenntnis der Arguliden. Arbeit. d. Zoolog. Instit. Wien, Bd. XIII, 1900.

kann, welche den Ausführungsgang bildet, was bei allen übrigen Hautdrüsen von *Argulus* nach den bisherigen Angaben nicht der Fall ist.[1]

Die Größe der Drüsenzellen ist eine geringere als bei allen übrigen Hautdrüsen von *Argulus*. Der Zelleib mißt im Durchmesser 20 bis 26 μ, der Kern 4 bis 6 μ.

Betreffs der Funktion des Drüsenkomplexes läßt sich mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit aussagen, daß er zur Geschlechtsfunktion des Weibchens in Beziehung stehen dürfte, da er dem männlichen Tiere fehlt. Wenn man in den Darstellungen von Jurine und insbesondere von Wilson die Bewegungen des weiblichen Körpers bei der Eiablage in Betracht zieht, so läßt sich annehmen, daß das Sekret der Abdominaldrüse dazu dient, das Abdomen während der Eiablage an die Unterlage zu kleben und demselben dadurch ein Anstemmen zu ermöglichen.

4. Kreislaufsapparat.

Der Kreislaufsapparat ist durch Leydig, Claus und Wilson, die Zirkulation des Blutes durch die Untersuchungen von Jurine, Vogt, Leydig, Claus sowie Wilson im allgemeinen bekannt. Immerhin sind einige Punkte unaufgeklärt geblieben, die ich aus meinen Beobachtungen zu ergänzen vermag.

Claus unterschied gegenüber Leydig, der in seiner ersten Abhandlung die Teile des Kreislaufsorganes zwar richtig beobachtete, aber nicht ganz zutreffend deutete, den hinteren im letzten Thorakalsegmente gelegenen Teil des Zirkulationsorganes mit Recht als Herz, das davon ausgehende bis an das Vorderende des Darmes reichende Rohr als Aorta. Das Herz nimmt durch zwei laterale, nach hinten gerichtete Spalten das Blut aus den seitlichen Blutsinussen der Schwanzplatte auf. Überdies spricht Claus an einer Stelle (p. 52 des Separatums). seiner Arbeit von zwei seitlichen Spaltöffnungen des Herzens

[1] Ich möchte übrigens hier anmerken, daß ich bei den von v. Nettovich als Leydig'sche Hautdrüsen unterschiedenen Hautdrüsen von *Argulus* an der Stelle, wo der Ausführungsgang an der Drüsenzelle entspringt, einen kleinen Kern gefunden habe.

am hinteren Segmente des Thorax, durch die das zur Schwanzplatte rückfließende Blut »einige Blutkörperchen in das Herz eintreten« läßt. In Fig. 37 findet sich auch von Claus außer dem hinteren Ostienpaar ein »seitliches ventrales Spaltenpaar« *(S)* abgebildet. Weiters liegt am Anfang der Aorta ventral eine bereits von Leydig beobachtete Spaltöffnung, die aber nicht, wie Leydig meinte, zum Eintritte des Blutes dient, sondern, wie Claus richtig angab, Blut aus der Aorta in die Leibeshöhle austreten läßt, obgleich Claus den gelegentlichen Eintritt von Blut an dieser Stelle nicht vollständig in Abrede stellen möchte. Den diese Spaltöffnung umgebenden Zellwulst nannte Claus »Anhangsorgan des Herzens« und faßte ihn als Organ der Blutzellenbildung auf.

Die Angaben Wilson's über das Kreislaufsorgan der Arguliden stimmen im wesentlichen mit jenen von Claus überein. Auch Wilson beschreibt außer den seitlichen hinteren venösen Spalten am Herzen noch zwei ventrale venöse Spalten nahe der Aortenwurzel. Dies gilt aber nur für die von Wilson untersuchten *Argulus versicolor* und *A. catostomi,* bei denen somit die Verhältnisse mit jenen von *A. foliaceus* beschriebenen übereinstimmen. Bei *Argulus americanus* hingegen ist nach Wilson an Stelle der paarigen ventralen venösen Herzspalte nur eine unpaare Spalte vorhanden, die aber nicht venös, sondern arteriell sein, d. h. zum Austritte des Blutes aus dem Herzen dienen soll.

Gewiß hat man als Herz bloß den hintersten, im letzten Thorakalsegmente gelegenen breiten, lebhaft kontraktilen Abschnitt des Kreislaufsorganes (Textfig. 1, *H*) anzusehen, wie es Claus zuerst richtig gedeutet hat. Das nach vorn zu vom Herzen abgehende lange Rohr ist die Aorta, die sich über dem vorderen Ende des Magendarmes trichterförmig in die Leibeshöhle öffnet (Fig. 1, *H*, *Ao*).

Was die Lagerung des Herzens anbelangt, so findet es sich nicht, wie Wilson angibt, dicht unter der Körperhaut, sondern ist, wie Querschnitte und Längsschnitte zeigen, von dieser noch durch die Längsmuskulatur des Rückens getrennt. Es liegt sattelförmig dem Enddarm auf und ist mit diesem durch Bindegewebe verbunden (Fig. 2, *H*). Einen Spaltraum zwischen

Enddarm und Herzen vermochte ich nicht zu entdecken. Ein solcher tritt erst unter dem Anfang der Aorta, und zwar etwas hinter dem unpaaren ventralen Ostium letzterer auf.

Das Herz besitzt nach meinen Beobachtungen nur zwei seitliche venöse Ostien; es sind jene, welche von hinten aus der Schwanzplatte das Blut aufnehmen (Textfig. 1, *Hs*). Von dem seitlichen ventralen Ostienpaar konnte ich nichts finden. Die Herzwand zeigt zwar nahe der Wurzel der Aorta zuweilen eine tiefe Einziehung. Diese Einziehung mag Ursache sein, daß an dieser Stelle ein Ostienpaar vermutet wurde. Es ist das Vorhandensein eines Ostiums an besagter Stelle schon deshalb unmöglich, da das Herz, wie im vorigen Absatze bemerkt wurde, dicht dem Darm aufliegt, ein Leibeshöhlenabschnitt ventral vom Herzen nicht existiert.

In geringer Entfernung vor der Aortenwurzel besitzt die Aorta an ihrer Ventralwand eine beim Männchen mediane, beim Weibchen meist aus der Mittellinie asymmetrisch verlagerte Spalte, die durch einen Muskelwulst verschließbar ist (Textfig. 1, *Sp*). Dieser Wulst springt etwas an der Ventralseite der Aorta, in gleichem Umfange aber auch gegen das Aortenlumen vor (Fig. 1). Die mediane ventrale Aortenspalte mündet in den zirkumgenitalen Leibeshöhlenabschnitt (Fig. 3). Sie wird nur zeitweilig geöffnet und läßt dann stets Blut aus der Aorta austreten, so daß sie als arterielle Öffnung zu bezeichnen ist.

Die Ausbildung der ventralen Aortenspalte hängt wohl mit der Entwicklung des ziemlich abgeschlossenen zirkumgenitalen Leibeshöhlenabschnittes zusammen, der auch beim Männchen im Umkreis der ausführenden Teile der Genitaldrüse zu finden, wenn auch viel enger als beim Weibchen ist.

Das Blut, das durch die ventrale Aortenspalte in den zirkumgenitalen Leibeshöhlenraum gelangt, ist Blut, welches aus einem Rückstrom des Aortenblutes herstammt. In Wilson's Schema des Kreislaufsapparates von *Argulus americanus* (l. c. p. 691, Fig. 19) ist dieser Rückstrom auch eingezeichnet. Er entsteht teils infolge der Elastizität der Aortenwand, die, durch das vom Herzen ausgestoßene Blut angespannt, in die Entspannungslage zurückschwingt, teils infolge

einer geringen Saugwirkung, die das Herz bei der Diastole auf das Aortenblut ausübt, da eine das Herzlumen vom Aortenlumen scheidende Klappe fehlt. Die ventrale Aortenspalte hat daher möglicherweise auch die Bedeutung eines Sicherheitsventiles, um eine zu starke Rückstauung des Blutes gegen das Herz hin zu verhindern.

Die Aorta ist nicht aktiv kontraktil, da sich Muskeln in ihr nicht vorfinden. Es ist daher die gegenteilige Angabe von Wilson nicht richtig. Die Fasern, die man insbesondere in dem zu besprechenden verdickten, ventralen Wandteile der Aorta findet, sind bindegewebiger Natur.

Die Aortenwand erscheint in der Strecke oberhalb des Keimlagers des Ovariums insbesondere an der Ventralseite verdickt (Fig. 1 und Fig. 14, 15, *Ao'*). In dieser Strecke ist das Ovarium durch zahlreiche Bändchen an der Aortenwand befestigt. Beim Männchen vermisse ich eine derartige verstärkte Strecke der Aortenwand. Es erscheint somit die Ansicht begründet, daß die so auffallende Verstärkung der Aortenwand beim Weibchen vornehmlich an der Ventralseite mit der Befestigung des anhängenden Ovariums in Zusammenhang steht.

Das aus dem Kopf und Thorax abfließende Blut gelangt in einem großen ventralen Rückstrom in die Schwanzplatte und tritt unterhalb des Enddarmes in letztere ein. An der Grenze zwischen letztem Thorakalsegment und der Schwanzplatte erhebt sich von der ventralen Körperwand eine bindegewebige Membran, an deren medialem (dorsalem) Rande ein Quermuskel sich findet, der sich ebenso wie die Membran an der Seitenwand des Abdomens inseriert (Fig. 1, *K*). Diese Membran ist von ihrer ventralen Ursprungsstelle schräg nach hinten in die Leibeshöhle der Schwanzplatte gerichtet und ihr oberer, den Muskel enthaltender Teil ragt bis nahe an die Darmwand heran. Aus Querschnitten ist weiter zu ersehen, daß die bindegewebige Membran dorsalwärts konkav gekrümmt ist und ihr Muskel eine paarige Anlage hat (vergl. Fig. 2, *Km*).

Die Schwingungen dieses Klappenmuskels sind bei Dorsalansicht des lebenden Tieres zu sehen. Der Muskel selbst gelangt bei Ventralansicht des Tieres dann zur Beobachtung,

wenn die von dem vorspringenden Hinterrande des letzten Thoraxsegmentes überdeckte Basis des Abdomens vollkommen freiliegt (vergl. Textfig. 3, *Km*). Er ist auch von Claus in Fig. 41 in einer Ventralansicht des weiblichen Abdomens abgebildet, jedoch in seiner Lagerung insofern nicht richtig dargestellt worden, als man aus dem Bilde die Vorstellung gewinnen muß, daß die Längsmuskeln des Abdomens dorsal von der Klappe verlaufen, während sie im Gegenteile ventral liegen.

Das eben beschriebene Gebilde ist die ventrale Muskelklappe. Sie wurde von allen bisherigen Untersuchern des *Argulus* gesehen, rücksichtlich ihrer Lage und Gestaltung aber nicht richtig erkannt und als Klappe (schwingende Querplatte) des Herzens beschrieben. Claus schien diese schwingende Querplatte mit dem Hinterende des Herzens zusammenzuhängen und einen Teil der Herzwand darzustellen, während Leydig sie in seiner ersten Publikation für eine Klappe zum Verschlusse einer medianen arteriellen Herzspalte hielt. Claus schrieb dieser Platte die Bedeutung zu, das aus dem Vorderkörper zurückkehrende Blut an der Bauchseite in die Schwanzplatte zu leiten und den Blutstrom der letzteren zu regulieren. Leydig erkannte bei seiner erneuten Untersuchung[1] zuerst richtig, daß die Klappe unterhalb des Enddarmes ihre Lage habe. Wilson[2] hat den Quermuskel, der oben von mir beschrieben wurde, gesehen; doch geht aus der in folgendem zitierten Stelle seiner Abhandlung hervor, daß auch ihm die Verbindung des Muskels mit einer Quermembran unbekannt blieb. Nach Wilson besitzt dieser Muskel »the form of a transverse dorso-ventral band or curtain lying at the posterior border of the last thoracic segment in just the position occupied later by the posterior wall of the heart. This is attached to the side walls of the sinus between thorax and abdomen, but hangs loosely elsewhere, and on contraction produces two movements, one a pulling together of the side walls and the other a backward and forward movement of the center of the curtain. Both motions aid the streaming of the blood.«

[1] Leydig, Arch. f. mikr. Anat., p. 28.
[2] Wilson, l. c., p. 670.

Nach Lage, Bau und der rhytmischen Bewegung, welche dieser Apparat zeigt, kann es kaum zweifelhaft sein, daß derselbe die Bedeutung einer Klappe besitzt. Dieser Klappenapparat wirkt einem Rückstrome des Blutes aus der Schwanzplatte in die thorakale Leibeshöhle entgegen. Nach dem Baue und der Bewegung der Klappe ergibt sich, daß bei Kontraktion des Klappenmuskels die Klappe nach vorwärts schwingt und gleichzeitig nach aufwärts gegen die Darmwand zu gezogen wird, wodurch ein recht vollkommener Verschluß der Übergangsstelle zwischen thorakaler und abdominaler Leibeshöhle bewirkt wird. Bei Erschlaffung des Muskels kann wieder Blut in die Schwanzplatte eintreten.

Was die Morphologie des Klappenmuskels betrifft, so dürfte derselbe einem Quermuskel des Körpers entsprechen, der sich an einer plattenförmig entwickelten Sehne gegen die Leibeshöhle tief eingesenkt hat.

Die Ausbildung dieser Klappe hängt mit der Bedeutung der Schwanzplatte als eine Art Vorhof des Herzens oder, wie es Claus ausdrückte, als »Nebenherz« zusammen. Wie allen Beobachtern von *Argulus* bekannt, zeigt die Schwanzplatte durch regelmäßige Kontraktionen ihrer Längs- und ihrer neben dem Enddarme verlaufenden Dorsoventralmuskeln pulsierende Bewegungen, durch die Blut bei der Diastole der Schwanzplatte aus dem Thorax in letztere eintritt. Bei der Systole der Schwanzplatte verhindert die sich aufrichtende Klappe einen Rückfluß des Blutes in den Thorax und drängt das Blut gegen das Herz hin. Nach der bereits von Claus gemachten Beobachtung schwingt die Klappe synchronisch mit den Seitenklappen, somit synchronisch mit den Kontraktionen des Herzens, was ich bestätigen kann und was mit obiger Auffassung übereinstimmt.

Mit der eigentümlichen Lagerung und baulichen Vereinfachung des jedenfalls von einem langgestreckten Rückengefäß mit metamerischen Spalten abzuleitenden *Argulus*-Herzens, dessen zwei arterielle Spalten nach hinten gerichtet sind und einen vollständigen Abschluß des Herzens gegen den Seitensinus der Schwanzplatte bilden, hängt der Mangel eines Pericardialsinus zusammen. Physiologisch wird der

Pericardialsinus vertreten durch den Leibeshöhlenabschnitt der Schwanzplatte, die durch ihre Kontraktionen wie ein hochentwickelter Pericardialsinus mit Flügelmuskeln bei der Dilatation ansaugend auf die Blutflüssigkeit des ventralen Leibeshöhlenraumes wirkt. Aus dem angeführten Grunde möchte ich mich der Auffassung von Claus anschließen, daß die vornehmste Bedeutung der Schwanzplatte jene eines Nebenherzens und nicht die einer Atemplatte ist. Wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß die Schwanzplatte wie alle mit zarterer Kutikula bekleideten und reich von Blut bespülten Teile der Körperbedeckung der Respiration dienen, so kommt doch in erster Linie, wie schon Claus bemerkte, die ventrale Lamelle des Schildes als respiratorische Fläche in Betracht, was durch die in folgendem Kapitel zu besprechende histologische Untersuchung des Schildes erst vollständig bekräftigt wird.

5. Schalenfelder.

Form und Bau der Schale im allgemeinen sind genügend beschrieben, so daß Bekanntes nicht wiederholt werden soll. Es möge hier nur auf die beiden ovalen, von Chitinringen umrahmten glatten Schalenfelder an der Ventralseite jeder Schalenhälfte die Aufmerksamkeit gelenkt werden.

Claus betrachtet die ovalen Chitinringe an der ventralen Schalenlamelle einfach als Stützen des Schildes. Leydig[1] hat in seiner späteren Arbeit die Ansicht ausgesprochen, daß man es in diesen Bildungen »mit zwei Napfbildungen oder seichten Saugscheiben zu thun habe«. Leydig hob auch, wenngleich nur ganz im allgemeinen hervor, daß an diesen Stellen eine umgewandelte Partie der Matrixlage des Integumentes vorliege.

Meine Untersuchungen zeigten mir, daß in der Tat das Hautepithel innerhalb der ovalen Chitinringe der ventralen Schalenlamelle in seiner histologischen Ausbildung von dem die übrigen Schalenteile bedeckenden Epithel sehr auffallend abweicht.

[1] Leydig, Arch. f. mikr. Anat., p. 4.

Zunächst möchte ich bemerken, daß es sich um eine Napfbildung in diesen ovalen Stellen nicht handelt. Im Gegenteile finde ich die in Frage stehenden ovalen Felder der ventralen Schalenlamelle an ausgebreiteten und nicht geschrumpften Schalen etwas über die benachbarte Schalenfläche polsterartig vorstehen und durch eine seichte Furche von den benachbarten Schalenteilen abgesetzt, was aus Schnitten am schönsten ersichtlich ist. Ich werde diese ovalen Stellen fortab einfach als Schalenfelder bezeichnen.

Auch über den histologischen Bau dieser Schalenfelder geben Schnitte die beste Auskunft. An solchen (Fig. 16, *Q*) fällt auf, daß die Epithelzellen hier im Vergleiche zu jenen der übrigen Schalenteile viel voluminöser sind. Gleiches gilt von den Kernen. Der Zellinhalt weist eine senkrecht zur Oberfläche gerichtete faserige Struktur auf. Von der Fläche besehen, zeigen die lebenden Epithelzellen eine unregelmäßig ausgezackte Form; die Zellränder besitzen vorspringende Spitzen, welche die breiten Interzellularspalten überbrücken und die Verbindung mit den benachbarten Zellen bilden (Fig. 18). Die Zellkerne sind seitlich unregelmäßig eingefaltet (Fig. 17), eine Gestaltung, die teilweise mit der Formgestaltung der Zelle zusammenhängt, teilweise Folge der Differenzierung des Zellplasmas zu Fasern ist, deren gerader, senkrecht zur Oberfläche gerichteter Verlauf zu Einbuchtungen der Seitenwand des Kernes führt.

Was die Chitinbedeckung über den ventralen Schalenfeldern betrifft, so erweist sich dieselbe an gefärbten Schnittpräparaten als etwas dünner und dunkler tingiert als an den übrigen Teilen der ventralen Schalenlamelle. Aus der größeren Tinktionsfähigkeit läßt sich auf eine weichere permeablere Beschaffenheit der Chitinkutikula an diesen Stellen schließen. Der Chitinring, der die Schalenfelder umsäumt, ist durch besonders verdicktes, stark glänzendes Chitin ausgezeichnet, das bei Färbung der Präparate stets ungefärbt bleibt (vergl. Fig. 16, *W*). Es handelt sich hier um eine harte und dichte impermeable Chitinsubstanz. Die Abscheidung des Chitinringes erfolgt durch Epithelzellen, die in ihrem histologischen

Charakter im wesentlichen mit den gewöhnlichen Epithelzellen der Schale übereinstimmen.

Außerhalb des Chitinringes zeigt der Schnitt stets eine rinnenförmig vertiefte Stelle der Schale, die von pigmentführenden Epithelzellen abgeschieden wird. Diese vertiefte Stelle entspricht der oben erwähnten seichten Furche, welche die Felder umsäumt.

Aus der eigentümlichen histologischen Beschaffenheit des Epithels und aus der zarteren Chitinbedeckung muß auf eine besondere Funktion der ventralen Schalenfelder geschlossen werden. Die Bedeutung als Saugnapfbildung ist ausgeschlossen, da keinerlei sonstige Vorrichtungen vorhanden sind, die eine Anheftung dieser Teile bewirken würden, die napfartige Ausbildung der Schalenfelder fehlt, auch die Extremitäten ventralwärts vorgelagert sind. Ebensowenig kann an eine drüsige Bildung dabei gedacht werden, wenn man die ohnedies so reiche Entwicklung von Hautdrüsen und deren Bau bei *Argulus* in Rücksicht zieht.

Ich bin der Auffassung, daß es sich in den vier ventralen Schalenfeldern von *Argulus* um einen spezifisch respiratorischen Abschnitt der Schale handelt. Zu dieser Ansicht werde ich durch die eigentümliche Struktur der Epithelzellen geführt, die eine gewisse Übereinstimmung mit jener in den Epithelzellen histologisch besonders differenzierter Kiemen bei Crustaceen zeigt. Ich beziehe mich hierbei auf die von mir zum Vergleiche untersuchten Kiemen von *Gammarus* und *Daphnia*. Bei ersterem sind die Epithelzellen wenigstens an den Rändern der Kiemenblätter relativ hoch und zeigen eine senkrecht zur Oberfläche gerichtete faserige Struktur. Bei einer *Daphnia (magna)* fand ich die auffallend großen Epithelzellen zwar nicht hoch, aber wieder faserig differenziert und durch breite, von Plasmafäden überbrückte Interzellularräume getrennt. In allen diesen Fällen dürfte die faserige, senkrecht zur Oberfläche gerichtete Struktur des Zellplasmas mit dem zwischen dem Kiemmedium und dem Blute bestehenden Gasaustausche im Zusammenhange stehen.

Die respiratorische Funktion der Schalenfelder wird endlich durch das Vorhandensein von Blutlakunen unter denselben gestützt.

Der die Schalenfelder begrenzende Chitinring hat nur die ihm schon von Claus zugeschriebene Bedeutung einer Stütze, er bildet einen das zartere Schalenfeld stützenden Rahmen.

Daß die Ventralfläche der Schale zur Respiration besonders geeignet erscheint, ist bereits von Claus hervorgehoben worden, ohne daß jedoch Claus die besondere Struktur des Epithels an den vier Schalenfeldern kannte oder überhaupt speziell an die Schalenfelder dabei dachte. An der Ventralfläche der Schale wird durch die Bewegung der Brustfüße ein steter Wasserwechsel bewirkt. Auch steht die Ausbildung des an den beiden vorderen Brustfüßen vorhandenen, dorsalwärts gerichteten Flagellums (das übrigens nach Wilson nicht allen Arguliden zukommt) mit der respiratorischen Bedeutung der ventralen Schalenlamelle, beziehungsweise der Schalenfelder im Zusammenhang. Das Flagellum hat wohl die Funktion, die Oberfläche der ventralen Schalenlamelle rein zu erhalten, und fungiert somit als Putzanhang. Schon Claus, Bouvier[1] und Wilson haben auf diese Funktion des Flagellums hingewiesen.

Wenngleich die vier ventralen Schalenfelder als spezifisch respiratorische Teile der Körperbedeckung erscheinen, so ist damit keineswegs geleugnet, daß auch die übrigen von Körperblut reich bespülten Teile der Haut mit zarterer Chitinbedeckung respiratorisch fungieren, worauf schon einmal in dieser Abhandlung hingewiesen wurde.

6. Darm.

Die wichtigen Abschnitte des Darmes sind genügend bekannt. Es lassen sich ein tief in den Magendarm vorspringender Oesophagus, am Mitteldarm ein Magendarmabschnitt, der ein Paar verästelter, in die Schalenduplikatur hineinreichender Ausstülpungen besitzt, und ein Dünndarmabschnitt, endlich der Enddarm unterscheiden (vergl. Fig. 1).

Zur Ergänzung sei hier dem Bekannten hinzugefügt, daß Magen- und Dünndarmabschnitt nicht bloß durch eine tiefe

---

[1] E. L. Bouvier, Les Crustacés parasites du Genre Dolops Audouin. Première Partie. Bull. de la Soc. Philomatique de Paris, 8. sér., t. X, 1898, p. 61.

Einschnürung getrennt sind, sondern daß, wie Schnitte zeigen, zwischen beiden ein kurzer rohrförmiger enger Darmabschnitt liegt, dessen Epithel von jenem der benachbarten Abschnitte auch etwas abweicht (Fig. 1 und 6, U). Während der Magendarm von einem etwa kubischen Epithel bekleidet wird, dessen Zellen eine zarte Stäbchencuticula tragen, sind die Epithelzellen des Übergangsrohres hoch, zylindrisch. Größer ist die Abweichung dem eigentümlich entwickelten Epithel des Dünndarmes gegenüber. In letzterem ragen aus der Reihe der niedrig-zylindrischen Epithelzellen eine große Zahl von Zellen weit in das Darmlumen vor. Diese Zellen (Fig. 19) erscheinen in ihrem frei vorragenden Teile sackförmig erweitert, ihr Inhalt färbt sich hier nicht und weist gegen das obere Ende zu eine Vakuole auf, in der zumeist Körnchen sich finden. Der Kern hat eine etwas ansehnlichere Größe als in den Nachbarzellen und ist diesen gegenüber höher hinaufgerückt. Am lebenden Epithel zeichnen sich diese Zellen durch starken Glanz aus.

In diesen papillenförmig vorragenden Epithelzellen des Dünndarmes handelt es sich wahrscheinlich um spezifische Fermentzellen. Durch sie findet jedenfalls auch eine sehr beträchtliche Oberflächenvergrößerung des Darmepithels statt.

Die papillenförmig entwickelten Dünndarmzellen wurden hier noch besonders besprochen und abgebildet, da sie zwar von früheren Untersuchern des *Argulus* gesehen, niemals aber genügend beschrieben oder aber abgebildet wurden. Leydig schien es, daß die in die Darmlichtung vorspringende papillenförmige Masse der in Frage stehenden Zellen einem Kutikularkäppchen zu vergleichen sei, was indessen nicht zutrifft.

7. Systematische Stellung.

Die durch drei Gattungen *Argulus*, *Dolops* und *Chonopeltis* vertretenen Arguliden zeigen in ihrer Organisation einerseits viele Eigentümlichkeiten, andrerseits manche Anschlüsse an andere Crustaceengruppen. Je nach dem Stande der Kenntnisse in der Beurteilung der Wichtigkeit eines oder des anderen Charakters wurden sie bald den Copepoden, bald den Phyllopoden zugerechnet.

Die ältere Einordnung der Arguliden mit Bezug auf ihre parasitische Lebensweise und die stechenden Mundteile zu den parasitischen Copepoden (Siphonostomen) wurde zuerst von Zenker[1] bestritten, der die Auffassung vertritt, daß »*Argulus* entweder eine eigne Ordnung bilden oder mit den Branchiopoden vereinigt werden« muß. Zenker vereinigt schließlich die Arguliden mit den Branchiopoden (Phyllopoden, Daphnoiden) zu einer Ordnung, die er *Aspidostraca* nennt. Dieser Auffassung schloß sich auch Thorell[2] an. Thorell bildet für die Arguliden eine besondere, den *Phyllopoda* und *Cladocera* gleichwertige Unterordnung in der Ordnung der Branchiopoden und bezeichnet sie mit Rücksicht auf die von ihm gegebene Deutung der Schwanzplatte als Kieme als *Branchiura*. Leydig[3] und Gerstäcker[4] schlossen sich der Thorell'schen Auffassung an.

Dagegen ist Claus auf Grund seiner Untersuchungen an *Argulus* bezüglich der systematischen Stellung der Branchiuren wieder zu dem Resultate gekommen, daß die Branchiuren den Copepoden im Baue nahestehen und in die Copepodenordnung einzureihen sind. Die Hauptgründe, die Claus zu dieser Auffassung führten, waren die Ausbildung von zwei Paaren von Kieferfüßen, denen nach Claus ein Paar reduzierter, im Rüssel gelegener Maxillen vorausgeht, die Ähnlichkeit im Bau der Brustgliedmaßen und die Übereinstimmung in der Körperform mit Caligiden.

Wenngleich Claus in der Einleitung seiner Abhandlung von einer Verwandtschaft des *Argulus* mit den schildförmigen Siphonostomen, speziell den Caligiden in allerdings leicht mißverständlicher Weise spricht, so kann damit doch wohl nur eine allgemeine morphologische Übereinstimmung gemeint

[1] Zenker, System der Crustaceen. Arch. f. Naturgesch., XX. Jahrg., 1854, pag. 116.

[2] Thorell, a. a. O., p. 55 und 56.

[3] Fr. Leydig, Über einen Argulus der Umgebung von Tübingen. Arch. f. Naturgesch., XXXVII. Jahrg. 1871, p. 23.

[4] A. Gerstäcker, Arthropoda. In Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs, V, p. 1024.

sein. Denn zum Schlusse derselben Abhandlung, wo Claus die Stellung der Arguliden im System behandelt, weist er darauf hin, »daß man den Arguliden eine besondere Stellung den wahren Copepoden gegenüber einzuräumen hat«. Claus präzisiert das Verwandtschaftsverhältnis bei der systematischen Gruppierung in der Copepoden-Ordnung dahin, daß er zwei Unterordnungen aufstellt, die der echten Copepoden oder *Eucopepoda*, welche die frei lebenden Formen und die Siphonostomen umfaßt, die Arguliden dagegen in eine besondere zweite Unterordnung bringt, für die er die Bezeichnung *Branchiura* beibehält.

Der Auffassung von Claus habe ich [1] mich angeschlossen und ausführlicher die verwandtschaftlichen Beziehungen der Arguliden erörtert. Ich habe dort gezeigt, wie im Bau der Arguliden außer den näheren Beziehungen zu den Copepoden noch Beziehungen einerseits zu den Euphyllopoden, speziell zum *Apus*-Typus, andrerseits zu den Cirripedien zu erkennen sind: »In *Argulus* finden wir daher Copepoden-, Cirripedien- und *Apus*-Charaktere gemischt.« Meine Ansicht über die Stellung der Branchiuren erscheint in folgenden Sätzen genauer formuliert: »Unter den Copepoden sind zunächst die Branchiuren als diejenigen anzusehen, welche im allgemeinen phylogenetisch ältere Charaktere bewahrt haben, wenn auch in mancher Hinsicht, so in der Ausbildung der Kopfgliedmaßen zufolge der parasitären Ernährungsweise sekundär Veränderungen eingetreten sind. Die Branchiuren stellen uns demnach einen Rest einer ursprünglichen Urcopepodengruppe vor.« »Die in mancher Beziehung sich findende Übereinstimmung der Arguliden mit den Cirripedien läßt die Wurzel ersterer in der Nähe der Gabelung des für Copepoden und Cirripedien gemeinsamen Astes suchen.«

Der Ansicht von Claus ist auch Wilson [2] beigetreten, der noch weitere Gründe für ihre Richtigkeit vorgebracht hat.

---

[1] K. Grobben, Zur Kenntnis des Stammbaumes und des Systems der Crustaceen. Diese Sitzungsber., CI. Bd., 1892, p. 256, 259 und 260.

[2] Wilson, a. a. O., p. 699 und 700.

Die Zuordnung der Branchiuren zu den Copepoden wird von Thiele[1] bestritten. Nachdem bereits Bouvier[2] die Frage aufgeworfen hat, ob den von Claus als Maxillen aufgefaßten Gebilden wohl diese Deutung zukommt, spricht Thiele die Ansicht aus, daß diese Gebilde wahrscheinlich als Sinnesorgane zu deuten sind, als Maxillen wegen ihrer Lage vor der Unterlippe nicht angesehen werden können; auch fehlen sie bei der primitiven Branchiurengattung *Dolops (Gyropeltis)* und einigen anderen Arguliden, desgleichen hat sie Claus bei der *Argulus*-Larve vermißt. »Bei Arguliden finden sich also« — schreibt Thiele — »zwischen den Mandibeln und dem ersten Schwimmbeinpaar nur zwei Paar Körperanhänge, was den Copepoden gegenüber einen sehr wichtigen Unterschied darstellt«. Betreffs der systematischen Stellung der Arguliden gelangt Thiele zu dem Resultate, »sie als besondere, den Copepoden und Phyllopoden gleichwertige Gruppe von Crustaceen aufzufassen«. Im übrigen stimmt Thiele meiner Auffassung der Branchiuren als Rest einer ursprünglichen Urcopepodengruppe im allgemeinen zu.[3]

Der Ansicht Thiele's von der Notwendigkeit, für die Arguliden eine besondere Ordnung zu bilden, muß ich mich auf Grund eigener Untersuchungen anschließen. Es kann in der Tat das von Claus als Maxille gedeutete Gebilde kaum als solches gelten. Nach Präparation des Rüssels mit Nadeln (Textfig. 4, *Z*) und nach Schnitten (Textfig. 5, 6, *Z*) findet man an der Unterlippe zwischen den beiden Schneiden der Mandibeln eine unpaare Erhebung, die im vorderen Teile nach oben zu schmäler wird, nach hinten zu sich aber verbreitert und an dieser Verbreiterung ein Paar Borsten, wahrscheinlich Sinnes-

---

[1] J. Thiele, Beiträge zur Morphologie der Arguliden. Mitteilungen a. d. Zoolog. Museum in Berlin, II. Bd., 4. Heft, 1904, p. 6 und 7 und p. 47 und 48.

[2] Bouvier, l. c., p. 59.

[3] Wenn Thiele bei Besprechung meiner zitierten Abhandlung eine Wendung gebraucht, die den Anschein erwecken kann, daß ich die Arbeiten von v. Nettovich und Giesbrecht (Mitteilungen über Copepoden) nicht in Betracht gezogen hätte, so erledigt sich dies einfach damit, daß meine Abhandlung im Jahre 1892, jene von Giesbrecht erst 1895 und jene von v. Nettovich, die überdies in meinem Institute entstanden ist, 1900 erschienen ist.

borsten, wie schon Thiele vermutete, trägt. Diese Bildung entspricht wohl der von Bouvier[1] bei der Gattung *Dolops*

Fig. 4.

Hinterende der Unterlippe mit der Zunge und den beiden Mandibeln nach Abhebung der Oberlippe, von der Ventralseite gesehen. Vergr. etwa 180.

beschriebenen »langue«, entbehrt hier aber der Borsten. Ich will sie daher auch bei *Argulus*, bei dem sie bisher niemals vollständig beschrieben und abgebildet[2] wurde, als Zunge

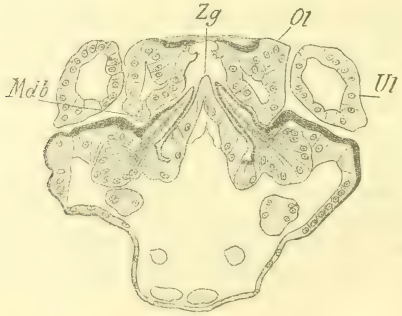


Fig. 5.

Querschnitt durch das Hinterende des Rüssels vor der Rüsselöffnung. Vergr. 200.

[1] E. L. Bouvier, Les Crustacés parasites du Genre Dolops Audouin. Seconde Partie. Bull. de la Soc. Philomatique de Paris, 9. sér., t. I, 1899, p. 37—38.

[2] Die allgemeine Form dieser Zunge ist in Fig. 5*h* der Abhandlung von J. D. Dana und E. C. Herrick, Description of the Argulus Catostomi, a new parasitic Crustaceous animal (American Journal of science and arts, vol. XXXI, 1837), gut erkennbar.

bezeichnen. Sie mag funktionell ein Geschmacksorgan sein, bildet aber auch mit der gegenüberliegenden Oberlippe eine Führung für die Mandibeln (vergl. Textfig. 5). Es handelt sich somit um ein unpaares Gebilde, dessen Ableitung von einer rudimentär gewordenen Extremität kaum möglich ist.

Zu dem Mangel einer Mundesgliedmaße kommt den Copepoden gegenüber weiter noch die Ausmündung der Schalendrüse am zweiten Maxillarfuße bei *Argulus* in Betracht, die erst v. Nettovich mit Sicherheit konstatiert hat. Die beiden Maxillarfüße der Arguliden können somit nicht den zwei Maxillarfüßen der Copepoden gleichgestellt werden. Damit

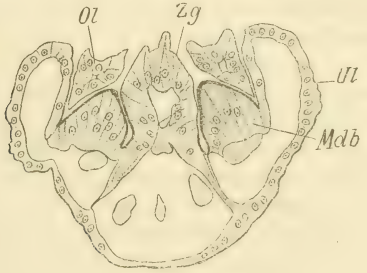


Fig. 6.

Querschnitt durch das Hinterende des Rüssels an der Rüsselöffnung. Vergr. 200.

ergibt sich ein Unterschied gegenüber den Copepoden, der eine Einordnung der Branchiuren in die Copepodengruppe unmöglich macht. Da die Branchiuren auch nicht in eine der anderen Crustaceenordnungen eingereiht werden können, ergibt sich die Folgerung, für die Branchiuren eine besondere Ordnung aufzustellen, wie dies Thiele tut und woran bereits Zenker dachte.

Nichtsdestoweniger bestehen wenn auch etwas entferntere verwandtschaftliche Beziehungen der Branchiuren zu den Copepoden, die zunächst im Typus der Schalenausbildung und in der Form der Brustfüße erkennbar sind. Aber auch die Lage der zusammengesetzten Seitenaugen unter der Haut kann hier herangezogen werden, ein Punkt, auf den ich bereits in

meiner früher angeführten Abhandlung hingewiesen habe. Obgleich die Entwicklung des Seitenauges von *Argulus* noch nicht untersucht ist, läßt sich aus den baulichen Verhältnissen doch erschließen, daß es sich von der Haut, an der es entsteht, ablöst und in die Tiefe rückt, ein Vorgang, den auch Parker[1] als den wahrscheinlichen ansieht. Eine derartige Entwicklung zeigt bei den Eucopepoden das im Naupliusstadium angelegte sekundäre Hirn, das auf ein ehemals bei den Stammformen der Copepoden vorhandenes Seitenauge hinweist. Wie ich[2] beobachtet habe, sind in den Naupliusstadien von *Cetochilus* umfangreiche Anlagen für das paarige Seitenauge vorhanden, die mit der Haut zusammenhängen, später aber ihre Verbindung mit der Haut lösen und allmählich sich rückbilden. Diese Beobachtung wurde durch Frič[3] und Urbanowicz[4] für die Süßwassercopepoden bestätigt.

Außer zu den Copepoden sind Beziehungen der Branchiuren zu Euphyllopoden, vielleicht noch etwas nähere zu den Cirripedien vorhanden. Die Vergleichspunkte habe ich bereits in meiner angeführten Abhandlung über den Stammbaum der Crustaceen angeführt. Die von mir im Stammbaum der Krebse angenommene Stellung der Branchiuren wird mit Rücksicht auf den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse abgeändert werden müssen. Die Branchiuren können nicht mehr als Rest einer Urcopepodengruppe angesehen werden, sondern als eine Crustaceengruppe, welche nur verwandtschaftliche Beziehungen zu den Urcopepoden wie noch mehr zu den Cirripedien voraussetzen läßt. Die Entstehung der Branchiuren ist somit nicht, wie dies von Claus[5] und

[1] G. H. Parker, The compound eyes in Crustaceans. Bull. of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College, vol. XXI, 1891, p. 57—58.

[2] K. Grobben, Die Entwicklungsgeschichte von Cetochilus septentrionalis Goodsir. Arbeit. d. Zoolog. Inst. Wien, Bd. III, 1881.

[3] J. A. Frič, Note préliminaire sur l'ontogénie de nos Copépodes d'eau douce. Zoolog. Anzeiger, 1882.

[4] F. Urbanowicz, Zur Entwicklungsgeschichte der Cyclopiden. Zool. Anzeiger, VII, 1884. Ferner: Zur Embryologie der Copepoden. Lemberg, 1885 (polnisch).

[5] C. Claus, Neue Beiträge zur Morphologie der Crustaceen. Arbeit. d. Zoolog. Inst. Wien, Bd. VI, 1885, p. 105.

von mir in einem Stammbaumschema darzustellen versucht wurde, in einer für Branchiuren und Eucopepoden gemeinsamen Wurzel zu suchen; es ist vielmehr anzunehmen, daß die Branchiuren von Krebsformen abstammen, die sich etwa aus der für Copepoden (= Eucopepoden) und Cirripedien gemeinsamen Wurzel abgezweigt haben.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Das Ovarium von *Argulus foliaceus* besitzt eine etwas nach links oder rechts asymmetrische Lagerung. Es ist sackförmig gestaltet und weist ein dorsales Keimlager auf. Das Ovarium geht an seinem Vorderende in den Ovidukt (Hülle des Eierstockes der Autoren) über, der wohl paarig angelegt, aber nur an einer, und zwar jener der Lagerung des Ovariums entgegengesetzten Seite in Funktion bleibt, an der anderen Seite obliteriert. Der funktionierende und der obliterierte Ovidukt liegen mantelartig um das Ovarium herum und umgrenzen einen die Genitaldrüse umgebenden (zirkumgenitalen) Leibeshöhlenabschnitt. Der funktionierende Ovidukt mündet durch ein Genitalatrium ventral am Ende des letzten Thorakalsegmentes nach außen.

2. Die männliche Keimdrüse hat, nach dem Verlauf der Vasa efferentia zu schließen, ursprünglich gleich dem Ovarium dorsale Lage, ihre Lagerung in der Schwanzplatte ist sekundär.

3. Die Reihenfolge der Entwicklungsstadien der Genitalzellen im Hoden zeigt, daß sich die Genitalzellen von dem vorn gelegenen Keimlager nach allen Seiten längs der Hodenwand gegen die Mitte der Ventralseite vorschieben. Hier erfahren die Spermatiden in Verbindung mit Nährzellen ihre histologische Differenzierung zu den Spermien. Nach Abstoßung letzterer verfallen die Nährzellen der Degeneration.

4. Die Vasa efferentia zeigen eine Auskleidung, die mit jener des Keimlagers im Hoden übereinstimmt. Es handelt sich in den Vasa efferentia demnach um einen sterilen Abschnitt der Hoden.

5. Das Weibchen besitzt an der Ventralseite des Abdomens einen besonderen Drüsenkomplex (Abdominaldrüse).

6. Am Herzen wurde bloß ein nach hinten gerichtetes seitliches Spaltenpaar beobachtet, ein vorderes ventrales Spaltenpaar vermißt. Die ventrale an der Wurzel der Aorta gelegene Spalte führt in den zirkumgenitalen Leibeshöhlenabschnitt.

7. Die ventrale schwingende Muskelklappe am Anfang des Abdomens gehört der Ventralwand des Körpers an und besteht aus einem paarigen gegen die Leibeshöhle an einer membranös ausgebildeten Sehne tief eingesenkten Quermuskel der Leibeswand.

8. Die an der Ventralseite der Seitenteile der Schale sich findenden Felder (Schalenfelder) sind spezifisch respiratorische Wandteile der Schale.

9. Am Darm findet sich zwischen Magendarm- und Dünndarmabschnitt ein kurzes Übergangsrohr.

10. Die von Claus als Maxille, von Thiele vermutungsweise als Sinnesborsten gedeuteten Borstengebilde gehören einer als Zunge bezeichneten unpaaren Erhebung der Unterlippe an.

11. Die Branchiuren können nicht weiter bei den Copepoden belassen werden, sondern haben, wie Thiele vorschlug, eine besondere Ordnung der Crustaceen zu bilden. Ihre Entstehung ist in Krebsformen zu suchen, die sich etwa aus der für Copepoden und Cirripedien gemeinsamen Wurzel abgezweigt haben.

Figurenerklärung.

Allgemeine Buchstabenbezeichnung, auch für die Textfiguren.

Af After.
Ao Aorta.
Ao' Ventraler verdickter Teil der Aortenwand oberhalb des weiblichen Keimlagers.
B Bindegewebe.
Bg Bauchganglion.
Bk Bauchganglienkette.
Bl Blutkörper.
Blk Blutlakune.
C Cerebralganglion.
Cu Kutikula der Haut.
D Dünndarm.
Dr Hautdrüsen.
E Ei.
Ed Enddarm.
Ep Hautepithel.
F Brustfuß.
Fu Furkalglieder.
Ga Genitalatrium.
H Herz.
Hs Seitliche (venöse) Herzspalte.
J Ausstülpungen des Magendarmes.
K Ventrale Muskelklappe.
Kl Keimlager.
Km Klappenmuskel.
L Leibeshöhle.
Lg Zirkumgenitaler Leibeshöhlenabschnitt.
M Muskeln.
Md Magendarm.
Mdb Mandibel.
N Nerven.
Na Naupliusauge.
Od Funktionierender Ovidukt.
Od' Obliterierter Ovidukt.
Od'' Vordere unpaare Oviduktaussackung.
Oe Oesophagus.
Ol Oberlippe.
Ov Ovarium.
P Pigmentzellengruppe des Oviduktes.
Pa Papille mit der Ausmündung des Receptaculum seminis.
Q Ventrales respiratorisches Schalenfeld.
R Rüssel.
Rs Receptaculum seminis.
S Abdominaldrüse.
Sc Spermatocyten.
Si Spermatiden.
SN Samennährzellen.
Sp Ventrale Aortenspalte.
St Stachel.
T Ausführungsgänge der Abdominaldrüsenzellen.
Tu Tunica propria der Keimdrüse.
Ü Übergangsrohr des Darmes.
Ul Unterlippe.
Ve Vas efferens.
Vs Vesicula seminalis.
W Stützleiste der ventralen Schalenfelder.
Z Degenerationszone im Hoden.
Zg Zunge.
I—IV, 1. bis 4. Thorakalsegment.

Die Zeichnungen sind mit wenigen Ausnahmen mittels Camera lucida nach Präparaten angefertigt.

Tafel I.

Fig. 1. Längsschnitt durch ein Weibchen von *Argulus foliaceus*, aus mehreren Schnitten kombiniert. Stachel eingezogen, frontaler Schalenlappen weggelassen. Vergr. 73.

Fig. 2. Querschnitt durch den hintersten Teil des letzten (4.) Thorakalsegmentes eines Weibchens. In der Mitte des Schnittes ist der Anfang des Abdomens getroffen, der ventral und seitlich mit einer tiefen Bucht (*x*) der Haut unter dem ventral und lateral vorspringenden letzten Thorakalsegment einspringt. *y* = abdominale Leibeshöhle. Vergr. 140.

Fig. 3. Querschnitt durch die Mitte des 4. Thorakalsegmentes mit der ventralen Aortenspalte und dem Ende des Oviduktes, dessen Einmündung in das Genitalatrium gerade in den Schnitt fällt. Vergr. 140.

Fig. 4. Querschnitt aus dem 3. Thorakalsegmente. Im Schnitte erscheint der hintere Teil des Ovariums getroffen, mit dem hier bandförmig verschmälerten Keimlager. Vergr. 140.

Tafel II.

Fig. 5. Intersegmentaler Querschnitt zwischen 2. und 3. Thorakalsegment. Der Komplex der Eingeweide erscheint nicht bloß mittels eines medianen von der Aorta ausgehenden Bandes, sondern auch mittels zweier lateraler Bindegewebsbänder an der Körperwand aufgehängt. Vergr. 140.

Fig. 6. Querschnitt durch das 1. Thorakalsegment. Das Ovarium ist an der Stelle seines größten Umfanges getroffen. Der Schnitt geht auch durch das Magendarm und Dünndarm verbindende Übergangsrohr; vom Magendarm ist die Hinterwand angeschnitten. Vergr. 140.

Fig. 7. Ventrale Wand des Hodens im Querschnitte, um die Symmetrie der Anordnung der Hodenzellen und die in der Mitte zwischen den Spermienbüschel tragenden Samennährzellen gelegene Degenerationszone zur Anschauung zu bringen. Vergr. 360.

Fig. 8. Längsschnitt durch den Hoden, aus dem die Folgereihe der Hodenelemente hervorgeht. Das Vorderende etwas von der Fläche getroffen. Durch die Buchstaben *v* und *h* ist Vorder- und Hinterende bezeichnet. Vergr. 140.

Fig. 9. Ein Stück der Abdominaldrüse des Weibchens aus einem Längsschnitte, der gerade den einen ventralen Vorsprung des Abdomens getroffen hat. Vergr. 520.

Fig. 10. Längsschnitt durch die Übergangsstelle des Vas efferens in die Vesicula seminalis. Im Lumen Spermienbüschel. Drei Endwülste des Vas efferens-Epithels erscheinen im Anschnitte. Vergr. 360.

Fig. 11. Stück eines Längsschnittes durch die vordere unpaare Oviduktaussackung. Die Dorsalwand zeigt zwei Gruppen von pigmentführenden Epithelzellen, im Lumen Sekretfäden. Vergr. 360.

Tafel III.

Fig. 12. Intersegmentaler Querschnitt zwischen 1. Thorakalsegment und Kopfregion. Es fällt der Übergang des Ovariums in den Ovidukt in den Schnitt. Vergr. 140.

Fig. 13. Querschnitt durch die Kopfregion an der Stelle, wo die Magenblindsäcke in den Magendarm einmünden. Oberhalb des Darmes ist die vordere unpaare Oviduktausstülpung getroffen. Seitlich vom Eingeweidekomplex dorsoventral verlaufende Bindegewebsstränge. Vergr. 140.

Fig. 14. Längsschnitt durch die Aorta und das Keimlager des Ovariums, das mit ersterer durch zahlreiche Bändchen verbunden ist. Von der Aorta ist die hintere Übergangsstelle zu jener Strecke getroffen, in welcher die ventrale Aortenwand sich verdickt. Vergr. 360.

Fig. 15. Querschnitt durch die Aorta und durch das mit ihrer Ventralwand verbundene Keimlager des Ovariums sowie die lateral von letzterem gelegenen Oviduktabschnitte. Es ist die Aorta in der Strecke getroffen, wo die Ventralwand verdickt ist und das Ovarium durch zahlreiche Bändchen an letzterer anhängt. Vergr. 360.

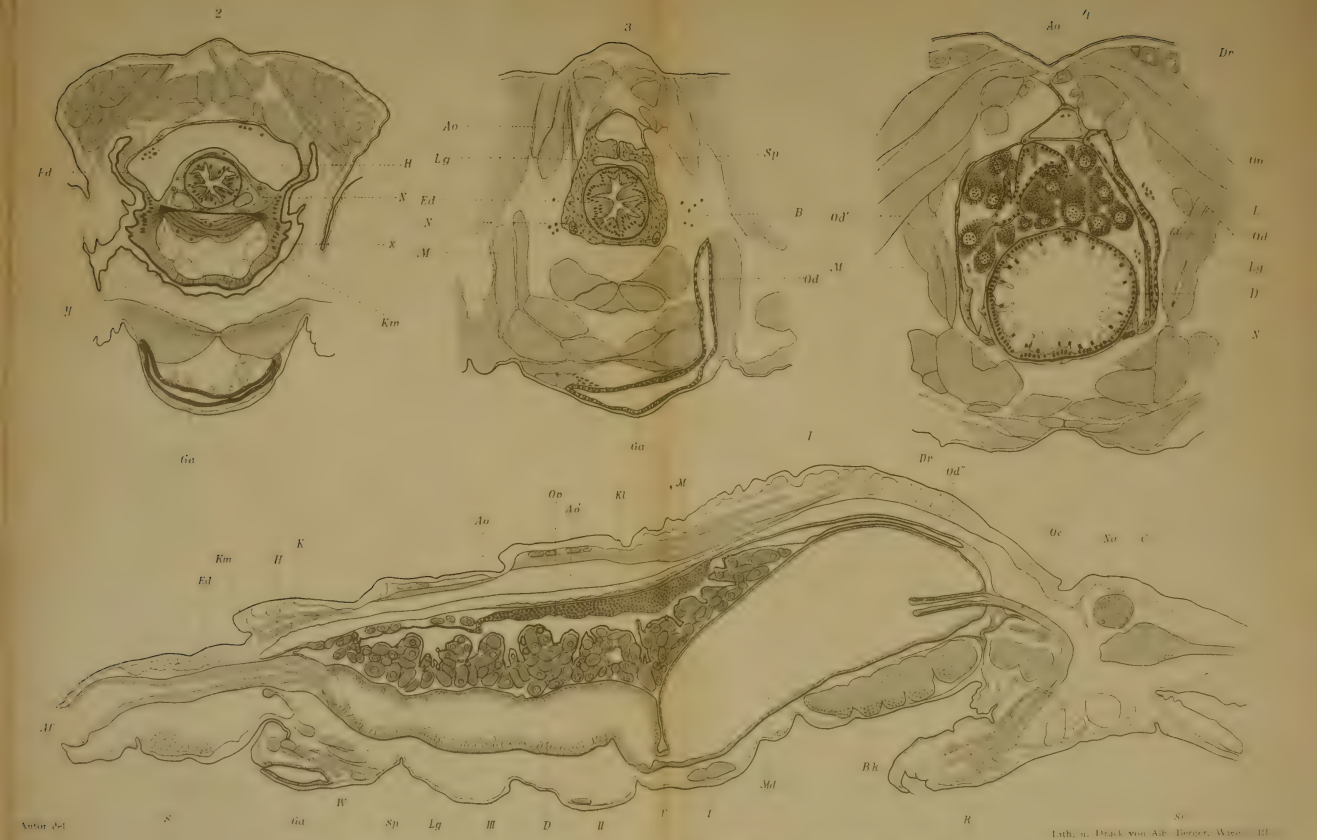
Fig. 16. Stück eines Querschnittes aus dem Seitenteile der Schale. Es ist die Übergangsstelle in ein ventrales Schalenfeld abgebildet, um die Verschiedenheit in der Ausbildung des Epithels zu zeigen. Vergr. 360.

Fig. 17. Einige Epithelzellen des hinteren ventralen Schalenfeldes im optischen Querschnitt. Die Kerne erscheinen gelappt, die Punkte im Zellleibe entsprechen den quergetroffenen, senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Plasmasträngen. Hartnack Obj. VIII, Oc. 3, ausg. Tub. Ohne Kamera gezeichnet.

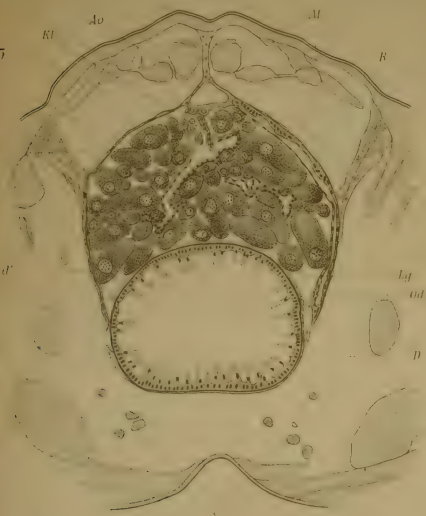
Fig. 18. Oberflächenbild des lebenden Epithels aus dem hinteren ventralen Schalenfelde. Hartnack Obj. VI, Oc. 3, eing. Tub. Ohne Kamera gezeichnet.

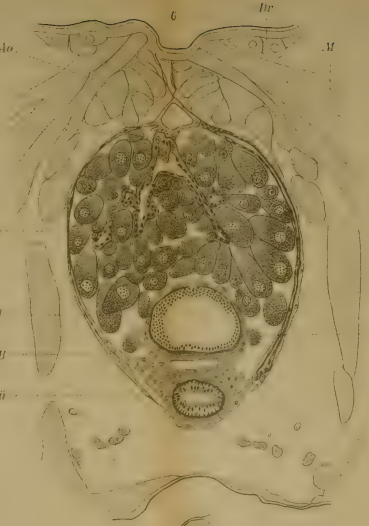
Fig. 19. Stück von einem Schnitte durch die Wand des Dünndarmes, um die papillenförmig vorspringenden Epithelzellen desselben zu zeigen. Vergr. 360.

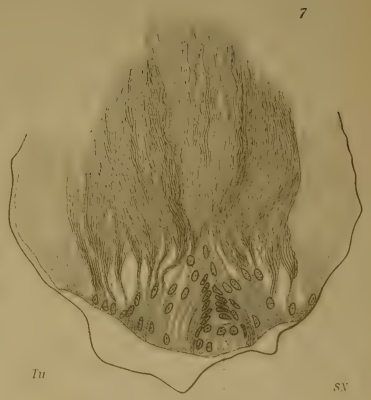
Fig. 20. Stück eines Längsschnittes durch das Ovarium aus der Region des hinteren Keimlagerendes. Vergr. 360.

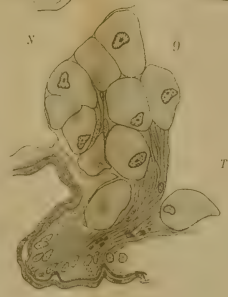


Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abt. I. 1908



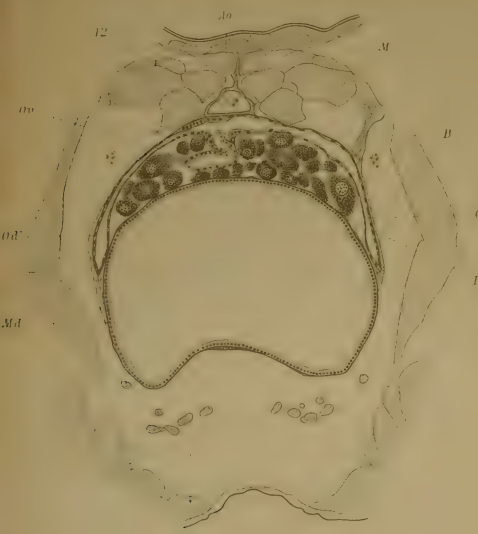


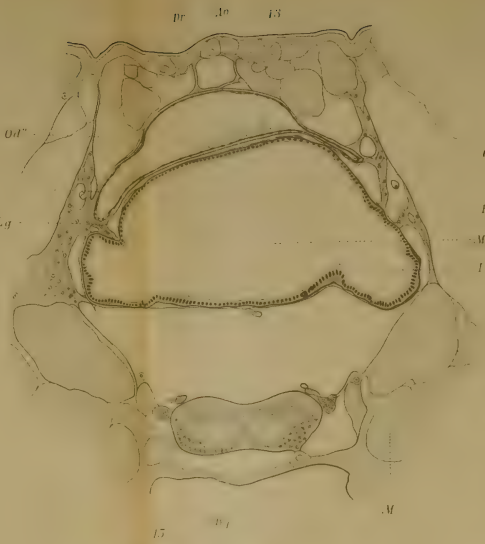




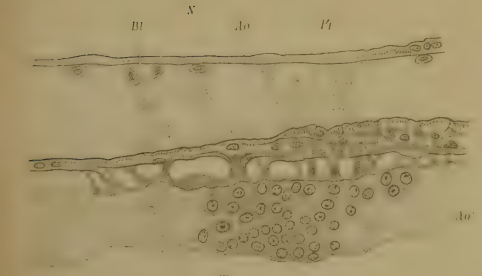
Lith. u. Druck von Alb. Berger, Wien, VIII

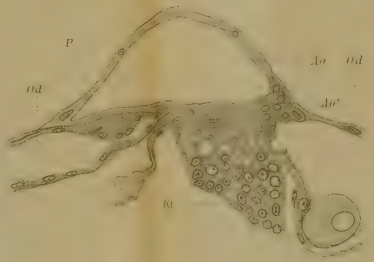
Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss. math.-naturw. Klasse. Bd. CXVII. Abt. I. 1908

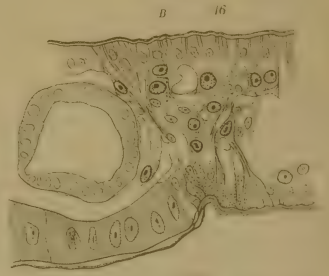

Ao
12
M
Ov
B
Od'
Md


Pr
Ao
13
Od'
Od
Lg
M

18
17
Od
B
Md
I
19
20
E


X
Bl
Ao
Pl
Ao'
Kl


15
P
Od
Ao
Od
Ao'
Kl


D
16
I
Blk
Q
W

Untersuchung über die heliotropische Präsentationszeit

(I. Mitteilung)

von

Paul Fröschel.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. April 1908.)

Seitdem man begonnen hat, sich mit den für die Erkenntnis vitalen Geschehens so hochwichtigen Reizerscheinungen im Pflanzenreiche zu befassen, insbesondere diese Erscheinungen einer mechanischen Analyse ihrer verschiedenen Phasen zugänglich zu machen, stand man zunächst vor der Erledigung der prinzipiell wichtigen Frage: In welchem Verhältnis steht die Intensität irgend eines auf ein Pflanzenorgan einwirkenden Reizes zur Summe all jener plasmatischen Veränderungen, die von diesem Reize ausgelöst werden, die man in ihrer Gesamtheit als tropistische Exzitation bezeichnet und deren Gesamtwirkung schließlich in einer optisch sich uns verratenden tropistischen Krümmung sich manifestiert?

Die tropistische Exzitation als solche ist einer quantitativen Einschätzung heute noch völlig unzugänglich. Doch war man beflissen, gewisse sinnfällige Faktoren, beispielsweise des heliotropischen Reizvorganges, als Kriterien für die Größe der heliotropischen Erregung heranzuziehen, wenn nur die Größe dieser Faktoren mit der Intensität der Reizung in einigermaßen deutlicher Beziehung zu stehen schien.

Wenn Wiesner (1878) einerseits die Reaktionszeit, andrerseits die schließlich resultierende Ablenkung aus der Ruhelage als Indikatoren für die Wirkung verschieden intensiver helio-

tropischer Reizung verwendete, so geschah dies mit allem Recht. Denn ihm handelte es sich um die Abhängigkeit des heliotropischen Effektes von der Lichtstärke. Und in der Tat sind die beiden genannten Größen für das biologische Verständnis des Heliotropismus die einzig natürlichen Kriterien.

Die Kurve, welche nach Wiesner die Beziehung zwischen Lichtintensität und heliotropischem Effekt ausdrückt, wird durch folgende Überlegung verständlich. Bei einer bestimmten Lichtintensität stellt sich eine vollständige Hemmung des Wachstums (des heliotropischen Organs) ein, während bei einer viel geringeren Lichtstärke keinerlei Einfluß des Lichtes auf die Wachstumsintensität des sich heliotropisch krümmenden Pflanzenteils mehr nachweisbar ist. Indem man an dieser Relation festhält, gelangt man naturgemäß zu einem oberen und unteren Nullpunkt sowie zu einem Optimum, welche Punkte Wiesner seiner Kurve zugrunde legte.

Demungeachtet sind sowohl Reaktionszeit als Ablenkungswinkel von der Ruhelage als Kriterien für die Größe der Erregung nicht zu gebrauchen. Eine eingehendere Überlegung zeigt dies klar. Bei zunehmender Annäherung an die Lichtquelle sinkt die Reaktionszeit kontinuierlich und nimmt der erzielte Ablenkungswinkel aus der Ruhelage kontinuierlich zu. Doch gilt dieses Verhalten nur bis zu einem gewissen Punkte (dem Optimum des heliotropischen Effektes). Jenseits dieses Punktes, also beim Übergange zu stärkeren Intensitäten, nimmt die Reaktionszeit wieder zu, der Ablenkungswinkel wieder ab, bis schließlich diese den Wert ∞, jener den Wert Null erreicht. Hätten wir nun in Reaktionszeit und Ablenkungswinkel brauchbare Indikatoren für die Erregungshöhe, so müßte man folgerichtig schließen, daß vom Optimum des Heliotropismus an bei steigenden Reizintensitäten die Erregung kleiner werde und schließlich den Wert Null erreiche, zu welcher Annahme sich niemand entschließen wird. Wenn aber schließlich bei noch stärkeren Intensitäten der Ablenkungswinkel sogar negativ wird, so ist dieses Faktum im Sinne der in Rede stehenden Frage einer Deutung überhaupt nicht mehr fähig.

Die jedenfalls auffallende Erscheinung, daß vom Optimalpunkt des heliotropischen Effektes an beim Übergange zu

intensiveren Lichtreizen sowohl Geschwindigkeit als Intensität der Reaktion beständig kleiner werden, ist wohl hauptsächlich durch den Umstand zu erklären, daß sekundäre physiologische Qualitäten, vor allem das Wachstum, durch Lichtintensitäten, die größer sind als die Intensität im Optimalpunkte, in einer Weise beeinflußt werden, die dem Eintritt des Heliotropismus hemmend entgegenwirkt. Dadurch aber werden uns die zwischen Erregung und Reizstärke obwaltenden Verhältnisse völlig verdunkelt und es scheint kein Mittel vorhanden, diese beiden Prozesse voneinander zu scheiden. Und doch ist die Trennung dieser beiden Vorgänge eine der wichtigsten und prinzipiellsten Fragen, deren exakte Erledigung für ein tieferes Eindringen in die Analyse aller Tropismen unumgänglich ist.[1]

Wiesner's wichtige Untersuchungen der Erscheinung der Reizinduktion, deren hoher methodischer Wert dadurch zum Ausdruck gelangt, daß eine ganze Reihe neuerer reizphysiologischer Arbeiten auf sie zurückgreift, gäbe uns aber vielleicht ein Mittel in die Hand, die Separation der beiden oben genannte Prozesse wenigstens teilweise zu bewerkstelligen. Das Wesen der Reizinduktion ist darin gelegen, daß der Induktionsbeginn (Wiesner) erzielt wird durch eine Reizung, die weit kürzer währt als die Reaktionszeit. Wiesner nannte die Zeit, während der ein Reiz wirksam sein muß, um auch bei nachfolgender Ausschließung der Reizwirkung eine Reaktion hervorzurufen, die Induktionszeit. Pfeffer identifiziert an einer Stelle (Pflphys., Bd. II, p. 623) den Begriff Induktionszeit mit dem Ausdruck Präsentationszeit, während in der neueren reizphysiologischen Literatur die Präsentationszeit als jene minimalste Induktionszeit definiert wird, während der der Reizanlaß wirksam sein muß, um eben noch eine merkliche Reaktion zu veranlassen (Czapek).

Da die Präsentationszeit bedeutend kürzer währt als die Reaktionszeit, so ist jedenfalls die Beeinflussung aller jener Vorgänge, die mit der heliotropischen Tendenz nicht in direkter

[1] Jedes nähere Eingehen auf diesen Fragenkomplex kann ich wohl um so eher der späteren Publikation vorbehalten, als ja die geistvollen Untersuchungen Fitting's (1905) ergeben haben, daß auch für den geotropischen Reizvorgang sowohl Reaktionszeit als Intensität der Krümmung keinerlei Schluß auf die Erregungshöhe zulassen.

Beziehung stehen, auf ein allerdings nicht zu unterschreitendes Minimum herabgedrückt und es ist zu hoffen, daß die Dauer der kürzesten Induktionszeiten, d. h. der Präsentationszeiten, in ihrer Abhängigkeit von der Lichtintensität uns vielleicht ein klareres Bild von dem Zusammenhange zwischen Erregungshöhe und Reizintensität zu verschaffen imstande sind, als dies die Verwendung der Reaktionszeit ermöglicht.

Aus diesen Erwägungen heraus entstand für mich die Aufgabe, die Abhängigkeit der Präsentationszeit von der Intensität der heliotropischen Reizung zu ermitteln. Die bisher gefundenen, wie mich dünkt, nicht uninteressanten Resultate wurden nur auf Grund von Experimenten mit *Lepidium sativum* gewonnen, weshalb daher diese Arbeit nur den Charakter einer vorläufigen Mitteilung an sich trägt.

Methodik.

Aus einer etiolierten Dichtsaat von *Lepidium sativum* wurden alle Keimlinge ausgejätet bis auf jene, deren Flanken möglichst genau in einer Richtung orientiert waren und eine gewisse Länge erreicht hatten. Wandten manche Keimlinge dem Lichte die Vorder- oder Rückseite zu, so wurde dies im Protokoll stets vermerkt; im ersteren Falle wurde eventuelle Krümmung stets als positives Resultat gezählt, im letzteren Falle die Krümmung immer eher als Nutation denn als Heliotropismus gedeutet und meistens nicht registriert. Nach dem Ausjäten, das bei möglichst schwachem diffusen Lichte stattfand, blieben die Keimlinge mindestens eine Stunde, bei kurzen Präsentationszeiten 2 bis 3 Stunden verdunkelt, um dann zum Experiment verwendet zu werden. Als Lichtquelle fungierte ein Argandbrenner, der unter konstantem Gasdruck gleichmäßig brannte. Er wurde vor fast jedem Experiment photometrisch auf seine Intensität geprüft. Die Wirkung der Wärmestrahlen war durch eine Wasserküvette ausgeschaltet. Die Intensität der Lichtquelle betrug 5·38 N. K. Durch Annäherung, beziehungsweise durch Entfernung von der Lichtquelle wurde die Intensität verändert. Die Länge der weitaus überwiegenden Anzahl der Keimlinge schwankte zwischen 2·3 und 3·3 *cm*. Die Temperatur hielt sich zwischen den Grenzen 20 bis 23° C. und überschritt diese

nur selten. In der Regel wird während der Dauer eines Versuches die Temperatur um kaum mehr als 2° C. sich geändert haben. Die Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 50 und 60%.

Da die Verbrennungsgase des Brenners nicht abgeleitet werden konnten, so war auch der typische Laboratoriumsgeruch in der heliotropischen Dunkelkammer bei längeren Beleuchtungszeiten nicht zu vermeiden. Schließlich sei noch bemerkt, daß nur zweifellose, wenn auch schwache Krümmungen als positive Resultate gedeutet wurden. Dadurch sowie durch den Umstand, daß die Nachwirkung der Induktion nicht am Klinostaten, sondern an der ruhenden Pflanze beobachtet wurde, mögen vielleicht die später anzugebenden Präsentationszeiten etwas zu hoch gegriffen sein. Doch ist dieser Umstand von nicht zu großer Bedeutung. Ohnedies ist ja die genaueste Ermittlung der Präsentationszeiten von nur bedingtem Wert, da ja eine Menge von Faktoren auf die Versuchspflanzen einwirken, die irgendwie näher zu präzisieren wir außerstande sind. Die Wirkung der Laboratoriumsluft und die Verzichtleistung auf den Klinostaten mögen wohl die einzelnen Präsentationszeiten mehr minder stark beeinflussen, aber das **Verhältnis** derselben, d. h. die **Tendenz** der Kurve der Präsentationszeiten dürfte durch diese Faktoren in jedenfalls nur untergeordneter Weise alteriert worden sein.

Experimenteller und theoretischer Teil.

Es seien zunächst die Versuche mitgeteilt, die angestellt wurden zur Ermittlung der Präsentationszeiten in den drei unten angegebenen Entfernungen von der Lichtquelle, wobei darauf hingewiesen sein mag, daß diese drei Entfernungen sich wie $1 : {}^1/_2 : {}^1/_4$, die in diesen Entfernungen wirksamen Lichtintensitäten sich daher wie 1 : 4 : 16 verhielten.

Entfernung	Intensität
255 *cm*	0·828 N. K.[1]
127·5	3·311
63·8	13·244

[1] Es war ursprünglich beabsichtigt, die Intensität des Lichtes so zu wählen, daß in 255 *cm* Entfernung die Intensität 1 N. K. betrage; das entspräche

Tabelle I.[1]

$E = 255\ cm$, $J = 0{\cdot}828$ N. K.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
3 m	Von 3 Keimlingen haben 0 reagiert.	
4 m	Von 3 Keimlingen haben 0 reagiert. » 4 » » 0 » » 4 » » 0 »	0 %
5 m	Von 5 Keimlingen sind 3 schwach gekrümmt. » 3 » hat 1 reagiert » » 4 » haben 0 reagiert. » 5 » » 0 » » 2 » » 0 »	
6 m	Von 3 Keimlingen haben 0 reagiert. » 3 » sind 3 zweifelhaft gekrümmt. » 5 » » 5 » » » 6 » zeigen 6 zweifelhaften Heliotropismus. » 3 » haben 0 reagiert. » 2 » » 0 »	10 %

einer Lichtstärke von 6·5 N. K., die deshalb verwendet werden sollte, weil Wiesner bei seinen Untersuchungen der heliotropischen Reaktionszeit die gleiche Intensität der Beleuchtung von 6·5 N. K. in Anwendung brachte. Eine erst später bemerkte irrtümliche Auszählung der Entfernungen ist der Grund für die praktisch nicht sehr brauchbaren Größen der obigen Lichtintensitäten.

[1] E = Entfernung, J = Intensität. Die Ergebnisse bei den einzelnen Induktionszeiten sind, obwohl von verschiedenen Versuchsreihen stammend, der Übersicht halber in der Querkolonne der betreffenden Induktionszeit zusammengestellt. Der Grad der Reaktion ist in aufsteigender Reihe ausgedrückt durch die Bezeichnungen: sehr schwach, schwach, deutlich, stark, sehr stark u. dgl. Bei sehr starker Reaktion dürfte der Ablenkungswinkel zirka 30° betragen haben. Vielleicht ein Dritteil aller Kontrollen ließ ich von unbeteiligten Personen vornehmen. Für Hilfeleistung in dieser Hinsicht danke ich an dieser Stelle den Herren Dr. Jenčič und Dr. Karzel sowie dem Fräulein Grete Reich wärmstens.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
7 m	Von 2 Keimlingen haben 0 reagiert. » 3 » zeigen 3 Spuren von Heliotropismus. » 4 » haben 0 reagiert. » 2 » » 2 Spuren von Heliotropismus. » 3 » » 3 reagiert. » 3 » » 0 » » 3 » » 0 »	40 %
8 m	Von 5 Keimlingen haben 3 deutlich reagiert. » 3 » » 3 » » » 4 » » 2 schwach reagiert. » 3 » » 2 reagiert. » 5 » » 5 schwach, doch deutlich reagiert. » 4 » » 3 reagiert. » 3 » » 3 » » 2 » » 2 »	79 %
9 m	Von 4 Keimlingen haben 4 schwach, doch deutlich reagiert. » 6 » » 3 reagiert. » 3 » » 3 sehr deutlich reagiert. » 2 » » 2 deutlich reagiert.	87 %
10 m	Von 4 Keimlingen haben 4 reagiert. » 6 » » 5 deutlich reagiert. » 4 » » 3 » » » 2 » » 2 sehr deutlich reagiert. » 2 » » 2 stark reagiert.	
15 m	Von 6 Keimlingen haben 6 reagiert.	

Tabelle II.

$E = 127 \cdot 5\ cm$, $J = 8 \cdot 811$ N. K.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
1[illegible]	Von 4 Keimlingen sind 4 zweifelhaft gekrümmt. » 4 » haben 2 reagiert. » 5 » » 3 schwach reagiert. » 5 » » 4 ganz schwach reagiert. » 2 » » 0 reagiert.	45%
2[illegible]	Von 3 Keimlingen haben 3 zweifelhaft reagiert. » 5 » » 4 reagiert. » 3 » hat 1 reagiert. » 3 » haben 2 stark reagiert. » 3 » » 0 reagiert. » 4 » » 3 schwach reagiert. » 5 » » 5 deutlich reagiert. » 3 » » 3 stark reagiert. » 2 » » 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 schwach reagiert. » 3 » hat 1 reagiert. » 2 » haben 2 stark reagiert. » 3 » » 3 reagiert.	70%
1·5[illegible]	Von 3 Keimlingen haben 3 reagiert.	
3[illegible]	Von 2 Keimlingen haben 2 reagiert. » 3 » » 3 » » 4 » » 4 » » 3 » » 3 deutlich reagiert. » 4 » » 4 » » » 3 » hat 1 sehr stark reagiert. » 3 » haben 3 stark reagiert.	91%
4[illegible]	Von 3 Keimlingen haben 3 deutlich reagiert. » 5 » » 5 sehr deutlich reagiert. » 4 » » 4 » » » » 3 » » 3 » » » » 3 » » 3 reagiert. » 3 » » 3 stark reagiert. » 3 » » 3 reagiert.	93%

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
5 m	Von 4 Keimlingen haben 4 schwach reagiert. » 4 » » 4 deutlich reagiert. » 3 » » 3 reagiert. » 3 » » 3 deutlich reagiert. » 2 » » 2 sehr stark reagiert.	93 %
8 m	Von 5 Keimlingen haben 4 deutlich reagiert.	
10 m	Von 7 Keimlingen haben 5 reagiert.	
15 m	Von 5 Keimlingen haben 4 reagiert.	

Tabelle III.

$E = 63 \cdot 8\ cm$, $J = 13 \cdot 244$ N. K.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
$^1/_2$ m	Von 3 Keimlingen haben 2 schwach (?) reagiert. » 5 » » 2 reagiert. » 2 » » 2 schön reagiert. » 3 » » 2 reagiert. » 3 » » 2 »	55 %
	» 3 » » 2 » » 3 » hat 1 reagiert. » 1 » » 1 » » 2 » haben 0 reagiert. » 2 » hat 1 reagiert.	
$^3/_4$ m	Von 5 Keimlingen haben 5 schwach, doch deutlich reagiert. » 3 » » 3 schön reagiert. » 2 » » 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 » »	95 %
	» 4 » » 4 reagiert. » 3 » » 2 » » 2 » » 2 »	

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
1 m	Von 2 Keimlingen haben 2 reagiert. » 3 » » 3 »	100%
2 m	Von 3 Keimlingen haben 3 reagiert. » 4 » » 4 »	
3 m	Von 3 Keimlingen haben 3 reagiert. » 5 » » 4 deutlich reagiert.	

Aus diesen Ergebnissen lassen sich für die Präsentationszeiten in den drei untersuchten Punkten folgende Endresultate ableiten:[1]

E	*J*	Präsentationszeit
255 *cm*	0·828 N. K.	7 bis 8 Minuten
127·5	3·311	$1^1/_2$ » 2 »
63·8	13·244	$^1/_2$ » $^3/_4$ »

Trägt man sich diese drei Punkte in ein Koordinatensystem ein, so zwar, daß als Abszissen beispielsweise die Intensitäten als Ordinaten die zu denselben gehörigen Präsentationszeiten aufgetragen werden, so erhält man, wenn man der Kurve überhaupt eine regelmäßige Tendenz zugesteht, folgende Linie:

[1] Als Präsentationszeit wurde diejenige Induktionszeit angenommen, bei der die Mehrzahl der verwendeten Keimlinge reagiert haben.

Diese Kurve zeigt klar, daß mit steigenden Intensitäten der Abfall der Präsentationszeitenkurve erst rapid, dann aber viel langsamer erfolgt. Zum ganz gleichen Ergebnis gelangte Bach, der das analoge geotropische Problem behandelte. Er fand die Abhängigkeit der geotropischen Präsentationszeit von der Größe der die Schwerkraft ersetzenden Zentrifugalkraft ausgedrückt durch eine Kurve, die den gleichen Krümmungsmodus nimmt wie die oben gezeichnete. Auch die von L. Linsbauer ermittelte Kurve der Präsentationszeiten für die Anthokyaninduktion zeigt den gleichen typischen Verlauf.

Von höchstem Interesse ist es aber zu konstatieren, daß die typische Form der Präsentationszeitenlinie übereinstimmt mit der Gestalt einer mathematischen Kurve, die in der analytischen Geometrie ziemlich häufige Behandlung erfährt. Es ist dies die gleichseitige Hyperbel, die man allerdings gegen die reguläre Lage, die sie im Koordinatensystem gewöhnlich einnimmt, um 45° verdrehen muß, um sie mit der Kurve der Präsentationszeiten zur — natürlich nicht mathematischen — Kongruenz zu bringen. Der Hinweis auf die Ähnlichkeit der Gestalten der beiden genannten Kurven wäre natürlich nicht beweiskräftig für irgendwelche daraus deduzierte Schlußfolgerungen, wenn nicht der Nachweis gelingt, daß das den Gestalten der beiden Kurven zugrunde liegende und sie bedingende Gesetz in beiden Fällen das nämliche ist. Um aber die Sachlage in bündiger Weise zu erörtern, ist ein kleiner Exkurs ins mathematische Gebiet unerläßlich.

Die gewöhnliche Hyperbel, definiert durch das Gesetz, daß die Differenz der Entfernungen jedes ihrer Punkte von zwei Fixpunkten (Brennpunkten) konstant und gleich der großen Achse sei, hat, wenn ihr Mittelpunkt mit dem Koordinatenursprung koinzidiert und ihre Achsen mit den Koordinatenachsen zusammenfallen, die Gleichung:

$$b^2x^2 - a^2y^2 = a^2b^2.$$

Werden nun die beiden Achsen einander gleich, so geht diese Gleichung über in die Form:

$$x^2 - y^2 = a^2.$$

Denkt man sich nun diese gleichseitige Hyperbel um den Koordinatenursprung um 45° gedreht, so zwar, daß ihre

früheren Asymptoten mit den Achsen des Systems zusammenfallen, die Hyperbelachsen aber jetzt durch die früheren Asymptoten gegeben sind, so bleibt ihre Gleichung die nämliche, wenn die Koordinaten bezogen sind auf das ebenfalls um 45° gedrehte Achsensystem. Bezieht man aber die Gleichung der gedrehten Hyperbel auf das ursprüngliche Koordinatensystem, so geht sie über in die Form:

$$x.y = \text{const.}^1$$

Das heißt: Für jeden Punkt dieser Kurve ist das Gesetz von Verbindlichkeit, daß das Produkt seiner Koordinaten konstant sei. Mit anderen Worten: Die Rechtecke, die man über die Koordinaten beliebiger Punkte errichten kann, sind stets flächengleich.

Sehen wir nun zu, ob dieses Gesetz für die drei bisher ermittelten Punkte der Präsentationszeitenkurve Gültigkeit hat, und — da ja die Genauigkeit keine mathematische sein kann — inwiefern dieses Gesetz sich theoretisch verständlich machen läßt.

Intensität	Präsentationszeit	Produkt (abgekürzt)
0·828 N. K.	7 bis 8 Minuten	5·8 bis 6·6
3·311	$1^1/_2$ » 2	4·9 » 6·6
13·244	$^1/_2$ » $^3/_4$	6·6 » 9·9

Die nicht zu große Genauigkeit in der Übereinstimmung dieser Produkte ist jedenfalls darauf zurückzuführen, daß die frequenteste Präsentationszeit mit größtem Wahrscheinlichkeitsprozente nur auf Grund der Gesetze der Variationsstatistik gewonnen werden kann, die ich jedoch auf meine Resultate

[1] Um auf diese Gleichung zu kommen, braucht man nur die Gesetze der Koordinaten-Transformation anzuwenden. Sind die auf das gedrehte System bezogenen Koordinaten eines Punktes x und y, so sind die auf das ursprüngliche System bezogenen Koordinaten x' und y' gegeben durch die Formeln: $x' = x \cos\alpha - y \sin\alpha$, $y' = x \sin\alpha + y \cos\alpha$. Führt man diese Werte in die Gleichung $x^2 - y^2 = a^2$ ein, so erhält man die Gleichung der gedrehten Hyperbel als $xy = \frac{a^2}{2}$. Da a die halbe Achse bedeutet, also eine Konstante ist, so schreibt man die Gleichung am besten in der Form $xy = \text{const.}$

noch nicht anwandte. Wie mich dünkt, werden aber die folgenden theoretischen Erwägungen die Identität der beiden in Rede stehenden Kurven nur um so wahrscheinlicher machen.

In die Sprache des physiologischen Experiments übertragen lautet die Gleichung $xy = \text{const.}$ so: Das Produkt aus Reizintensität und Präsentationszeit ist konstant. Bei *Lepidium sativum* beträgt dieses Produkt im Mittelwert 6·73. Aber durch die Angabe des numerischen Wertes dieses Produktes ist das Wesentliche desselben nicht getroffen. Das Essentielle dieses Produktes liegt vielmehr darin, daß ihm ein physikalischer Inhalt zukommt, insofern als das Produkt aus Lichtstärke und Dauer der Beleuchtung nichts anderes ist als die **Lichtmenge**, die auf das Pflanzenorgan während der Reizung einstrahlt. Diese ist also vor allem das Kriterium dafür, ob bei gegebenen Umständen Heliotropismus induzierbar ist oder nicht. Wie sich die einzelnen Faktoren des Produktes auch verändern mögen, dies ist, solange sie die Grenzen des Produktes nicht überschreiten, für den Erfolg der Induktion irrelevant. Von der Menge der einstrahlenden Energie scheint der Induktionserfolg in einziger Hinsicht abzuhängen. Gleiche Lichtmengen rufen gleiche Wirkungen hervor, eine Beziehung, die man a priori mit großer Wahrscheinlichkeit als gültig hätte hinstellen können. Auch ist das Hyperbelgesetz nichts anderes als der Ausdruck des Gesetzes, das z. B. für den photochemischen Prozeß der Chlorsilberreduktion sichergestellt wurde. Auch dort ist der erzielte Effekt, die Schwärzung, direkt proportioniert dem Produkt aus Beleuchtungszeit und Beleuchtungsintensität.

Nicht unterlassen will ich den Hinweis darauf, daß ja auch das Talbot'sche Gesetz nichts anderes ist als der Ausdruck der nämlichen Beziehung. Das Talbot'sche Gesetz, dessen Gültigkeit für das Pflanzenreich erst jüngst durch die Untersuchungen von Nathanson und Pringsheim mit aller wünschenswerten Genauigkeit sichergestellt wurde, sagt bekanntlich: Ein intermittierend wirkender Reiz, dessen Intermittenz z. B. der Periode 1:1 folgt, ist — vorausgesetzt, daß die Intermittenz so rasch erfolgt, daß trotz derselben ein kontinuierlicher Lichteindruck erfolgt — intensitätsgleich mit einem konstant wirkenden Reiz von der halben absoluten Intensität.

Wieder das nämliche Gesetz! Das intermittierte Licht hat die Intensität J, wirkt aber nur während der Zeit $\frac{t}{2}$; das konstante Licht wirkt während der ganzen Zeit t, braucht aber, um die gleiche Wirkung zu erzielen, nur die Intensität $\frac{J}{2}$ zu besitzen. Wieder sind die Produkte aus Beleuchtungsintensität und Beleuchtungsdauer die gleichen $\left(J \cdot \frac{t}{2} = \frac{J}{2} \cdot t\right)$ und rufen den ganz gleichen Effekt hervor.

Diese Erwägungen machten mir die Annahme sehr wahrscheinlich, daß die Präsentationszeitenkurve zum mindesten sehr angenähert mit dem Verlauf einer gleichseitigen Hyperbel übereinstimmt. Aber es gab wohl keinen schärferen Prüfstein für die Wahrscheinlichkeit dieses Gesetzes, als in dem bereits bekannten Produkt (6·73) einen Faktor, z. B. die Intensität, beliebig zu wählen und daraus die Größe des anderen Faktors, d. i. die Präsentationszeit zu berechnen. Stimmt dann die a priori postulierte Präsentationszeit mit den experimentellen Ergebnissen überein, so ist diesen Experimenten erhöhte Beweiskraft beizumessen.

Ich habe nun auf diese Weise vier weitere Punkte der Kurve konstruiert, von denen drei ganz befriedigend dem oben ausgesprochenen Gesetz Genüge leisteten, während der vierte Punkt sich minder günstig in das Kurvenbild einfügte.

Entfernung vom Lichte	Intensität	Präsentationszeit (vor dem Experiment berechnet)
510 *cm*	0·206 N. K.	32·5 Minuten
31·9	52·972	7·6 Sekunden
15·9	211·891	1·9 »

Die Entfernungen verhalten sich hier wie $16 : 1 : {}^1/_2$, die Intensitäten daher wie ${}^1/_{256} : 1 : 4$.

Tabelle IV.

$E = 510\,cm$, $J = 0{\cdot}206$ N. K.

Induktionszeit	Ergebnis
22m	Von 3 Keimlingen haben 0 reagiert (2 Flanke, 1 Rückseite).
25m	Von 2 Keimlingen haben 0 reagiert. » 3 » { 2 (Flanke) ganz gerade. 1 (Rücken) schwach gekrümmt.
28m	Von 1 Keimling 1 deutlich gekrümmt. » 2 Keimlingen { 1 (Flanke) sehr zweifelhaft gekrümmt. 1 (Vorderseite) nicht gekrümmt.
30m	Von 4 Keimlingen 1 gekrümmt.
32m	Von 3 Keimlingen { 2 (Flanke) deutlich gekrümmt. 1 (Vorderseite) nicht gekrümmt.
35m	Von 3 Keimlingen haben 2 deutlich reagiert. » 4 » » 4 sehr schön reagiert.

Die Präsentationszeit liegt also hier sicherlich nicht weit von der berechneten Zahl entfernt. Trotz der hier geringen Zahl der Versuche entsprechen die gefundenen Zahlen in Hinsicht darauf, daß sie mit den theoretischen Werten übereinstimmen, sicherlich den tatsächlichen Verhältnissen.

Tabelle V.

$E = 31{\cdot}9\,cm$, $J = 52{\cdot}972$ N. K.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
8s	Von 4 Keimlingen haben 0 reagiert. » 2 » hat 1 reagiert. » 1 Keimling hat 1 reagiert. » 2 Keimlingen haben 0 reagiert. » 4 » » 4 deutlich reagiert.	46%

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
10s	Von 2 Keimlingen haben 2 reagiert. » 4 » » 2 spurenweise reagiert. » 3 » » 3 sehr deutlich reagiert. » 2 » » 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 schwach reagiert. » 3 » » 2 » » » 5 » » 5 deutlich reagiert.	86%
15s	Von 2 Keimlingen haben 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 » » » 3 » » 3 » » » 2 » » 2 reagiert.	90%
30s	Von 2 Keimlingen haben 2 reagiert. » 2 » » 2 » (1 Rücken, 1 Vorderseite). » 1 Keimling hat 1 sehr deutlich reagiert. » 1 » 1 » »	
45s	Von 2 Keimlingen haben 2 reagiert. » 4 » » 2 schwach reagiert.	

Die Präsentationszeit liegt also hier zwischen 8 und 10 Sekunden und weicht von dem postulierten Resultat nicht erheblich ab.

Tabelle VI.

$E = 15 \cdot 9\,cm$, $J = 211 \cdot 89$ N. K.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
1s	Von 2 Keimlingen sind 2 zweifelhaft gekrümmt. » 2 » haben 0 reagiert. » 3 » » 3 zweifelhaft reagiert. » 2 » hat 1 schwach reagiert. » 3 » haben 0 reagiert.	0 bis 80%[1]

[1] Je nachdem die zweifelhaften Fälle als positives oder negatives Resultat gedeutet werden.

Induktionszeit	Ergebnis	Prozent der gekrümmten Keimlinge
2s	Von 3 Keimlingen haben 2 schwach reagiert. » 3 » » 3 schwach, doch deutlich reagiert. » 3 » » 3 ganz schwach reagiert. » 2 » » 2 stark reagiert. » 2 » » 2 schwach, doch deutlich reagiert. » 3 » » 2 schwach reagiert. » 2 » » 0 reagiert. » 1 Keimling hat 1 reagiert. » 3 Keimlingen haben 3 deutlich reagiert. » 1 Keimling hat 1 schön reagiert. » 1 » » 1 schwach reagiert. » 2 Keimlingen haben 2 schön reagiert. » 2 » » 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 » » » 3 » » 2 reagiert. » 1 Keimling hat 0 reagiert. » 2 Keimlingen haben 2 schwach oder zweifelhaft reagiert.	78%
3s	Von 2 Keimlingen hat 1 schwach reagiert. » 3 » haben 3 deutlich reagiert. » 3 » » 2 ganz schwach reagiert. » 2 » » 1 reagiert. » 2 » » 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 » » » 2 » » 2 sehr deutlich reagiert.	83%
4s	Von 2 Keimlingen hat {1 zweifelhaft / 1 schwach} reagiert. » 5 » haben 5 sehr deutlich reagiert. » 3 » » 2 ganz schwach reagiert. » 2 » » 2 sehr deutlich reagiert. » 3 » » 2 deutlich reagiert. » 2 » » 2 » » » 2 » » 2 sehr deutlich reagiert.	

Auch hier stimmt also die faktisch ermittelte Präsentationszeit von 2 Sekunden mit dem berechneten Werte von 1·9 Sekunden befriedigend überein. Es ist übrigens sehr interessant, daß das Gesetz innerhalb von Grenzen seine Gültigkeit bewahrt, die so überraschend kleine Präsentationszeiten von 2 Sekunden noch einschließen. Und dies zirka 15 *cm* von einer Lichtquelle entfernt, deren Intensität zirka gleich kommt der Helligkeit einer stark leuchtenden Petroleumlampe. Es ist wohl kaum zu zweifeln, daß bei noch stärkeren Intensitäten, wie sie uns die Nernstlampe oder das direkte Sonnenlicht vorstellen, die Präsentationszeiten sich auf Bruchteile von Sekunden werden herabdrücken lassen.

Minder günstige Resultate erzielte ich bei dem vierten Punkte. Bei ihm war $E = 180 \cdot 4\ cm$, $J = 1 \cdot 655$ N. K. Er sollte dementsprechend eine Präsentationszeit von 3·5 bis 4 Minuten aufweisen. Die allerdings nur wenigen Bestimmungen, die ich bei diesem Punkte machte, gaben zur Hälfte ein positives, zur Hälfte ein negatives Resultat; doch ist wohl nicht daran zu zweifeln, daß auch für diesen Punkt die gleiche Gesetzmäßigkeit wie für die anderen Punkte gilt, wenn nicht anders die sonst gesetzmäßige Kurve bei diesem Punkte eine plötzliche, völlig unverständliche Abweichung zeigen soll.

Trägt man sich nun alle sechs ermittelten Punkte in das Koordinatensystem ein, so erhält man die auf der beigegebenen Tafel dargestellte Kurve. (Die Ergebnisse der Tabelle VI konnten wegen Raummangel zur Konstruktion der Kurve nicht verwendet werden.)

Von besonderem Interesse wird es nun sein, diejenigen Punkte der Kurve zu ermitteln, bei denen das Gesetz seine Gültigkeit verliert. Die mathematische Hyperbel nähert sich den Koordinatenachsen asymptotisch, d. h. sie wird von ihnen erst im Unendlichen tangiert. Die Präsentationszeitenkurve aber wird früher oder später die beiden Achsen schneiden, da ja der heliotropischen Verwertung sehr großer wie auch sehr kleiner Lichtreize durch die doch jedenfalls begrenzte physiologische Kapazität des Organismus Grenzen gezogen sind. Der Punkt zunächst, in dem die Kurve die Ordinatenachse schneidet, repräsentiert im physiologischen Sinne nichts anderes als den

Schwellenwert. Die Intensität sinkt dort auf jenen minimalen Wert Δx herab, der überhaupt noch zu einer Reaktion Veranlassung geben kann. Die Präsentationszeit dürfte an diesem Punkte gleich der Reaktionszeit sein, indem der Induktionsschluß mit dem Reaktionsbeginn zeitlich koinzidiert. Darauf wird noch bei anderer Gelegenheit zurückzukommen sein.

Der zweite Punkt, den die Kurve mit dem Ordinatensystem gemein haben wird, liegt auf der Abszissenachse. Hier kann die Intensität beliebig groß sein, die Zeit Δy aber, während der sie wirkt, darf eine gewisse Grenze nicht unterschreiten. Dieser Schwellenwert, man könnte ihn den Zeitschwellenwert nennen, ist wohl zu unterscheiden von dem früher genannten, dem eigentlichen Schwellenwert oder Intensitätsschwellenwert. Im letzteren Falle darf die Intensität, im ersteren Falle die Zeit nicht unter ein gewisses Niveau sinken. Intensitätsschwellenwerte wurden für die verschiedensten Pflanzen wiederholt, zuerst von Wiesner und Figdor, bestimmt. Zeitschwellenwerte sind meines Wissens noch nie ermittelt worden.

Auf Grund der vorgebrachten experimentellen Fakten und theoretischen Erörterungen scheint mir die Richtigkeit des Hyperbelgesetzes innerhalb der Grenzen, die durch die Schwellenwertpunkte markiert sind, sicherzustehen. Nichtsdestoweniger spreche ich dieses Gesetz hier immerhin mit jener Reserve aus, die mir in Hinsicht auf die relativ geringe Anzahl der ermittelten Kurvenpunkte sowie auf die in mancher Beziehung zu rohe Methode geboten erscheint.

Aber selbst wenn diese ganze Gesetzmäßigkeit nur angenähert stimmen würde, müßte sie uns veranlassen, einen neuen Begriff, fundiert auf zahlenmäßigen Angaben, in die Reizphysiologie einzuführen, und zwar den mathematisch definierten Begriff der Empfindlichkeit. Da nur die einstrahlende Energiemenge Kriterium für den Induktionserfolg ist, da für jede Pflanze das bekannte Produkt aus Reizintensität und Reizdauer der Ausdruck für jene kleinste Lichtmenge ist, die eben noch merklichen Heliotropismus für diese Pflanze zu induzieren vermag, so ist dieses Produkt zweifellos ad speciem veränderlich und für jede Spezies charakteristisch. Je kleiner die Lichtmenge ist, die eben noch Heliotropismus zu induzieren

vermag, um so empfindlicher werden wir die Pflanze nennen. Darnach ist es jedenfalls berechtigt, die Empfindlichkeit eines Pflanzenorgans auszudrücken durch den reziproken Wert jener Lichtmenge, die in diesem Organ noch eben merklichen Heliotropismus zu induzieren imstande ist. Die Empfindlichkeit 1 würden wir dann jenem Pflanzenorgan zuschreiben müssen, in dem die Intensität einer Normalkerze in einer Minute noch eben Heliotropismus induziert. Braucht die Intensität 1 zur Hervorbringung der noch eben merklichen Reaktion 8 Minuten, so besäße die betreffende Pflanze die Empfindlichkeit $^1/_8$. Dieser, wie mich dünkt, theoretisch berechtigte Begriff wird sich praktisch zweifellos bewähren. Durch systematische Einführung desselben wären wir in der Lage, die einzelnen Pflanzen auf ihre heliotropische Empfindlichkeit zu vergleichen. Ganz auf gleiche Weise kann der Begriff der geotropischen Empfindlichkeit eingeführt werden. Die Vergleichung der geotropischen und heliotropischen Empfindlichkeit der verschiedensten Pflanzen wird zweifellos zu den in biologischer Hinsicht interessantesten Resultaten führen. Auch die geotropische und heliotropische Empfindlichkeit der gleichen Pflanzen in Bezug zu setzen, ist eine interessante noch zu lösende Aufgabe, deren Erledigung uns in der Frage vom Zusammenwirken von Heliotropismus und Geotropismus einen Schritt weiter bringen würde. Es braucht wohl nicht noch besonders hervorgehoben zu werden, daß sämtliche »Empfindlichkeitsexponenten« auf gleiche äußere Umstände bezogen verstanden sein wollen.

Noch eine weitere interessante Konsequenz läßt sich aus dem Hyperbelgesetz ziehen. Für den Heliotropismus ist dieses Gesetz deshalb so einleuchtend, weil eben das Produkt aus Reizintensität und Reizdauer stets ein und dieselbe Lichtmenge vorstellt. Was ist aber das wirkende Agens bei dem analogen geotropischen Vorgange? Man müßte sagen: die Schwermenge. Allein »Schwermenge« ist ein Wort, wir machen uns gemeinhin keine physikalische Vorstellung von dem Produkt: Zentrifugalkraft mal Zeit; deshalb nicht, weil wir uns doch von der Schwerkraft nicht etwa die Vorstellung einer strahlenden Energie machen. Aber könnte die Tatsache, daß dieses Produkt

aus Zentrifugalkraft mal Wirkungsdauer einen physiologischen Effekt hervorzurufen imstande ist, nicht vielleicht einen Fingerzeig geben bei den Spekulationen über das Wesen der Schwerkraft, das uns heute noch so dunkel ist?

Doch kehren wir nun zum Ausgangspunkt unserer Untersuchung zurück. Wir haben gesehen, daß gleiche Lichtmengen, die in ein Pflanzenorgan einstrahlen, gleiche Erregungen hervorrufen; Erregungen, deren Größe in unserem Falle gemessen erschienen durch die Arbeit, die nötig ist, um alle in der Struktur des ungekrümmten Keimlings gelegenen Hindernisse um ein weniges, d. i. die noch eben merkbare Reaktion — zu überwinden. Die Hoffnung freilich, zu einer allgemeinen Beziehung über Reizintensität und Erregungshöhe zu gelangen, ist durch diese Feststellung nur zum geringsten Teile erfüllt. Denn der Schluß, daß die doppelte Lichtmenge die doppelte auf die Erzielung der tropistischen Krümmung hinarbeitende Erregung hervorrufe, wäre gewagt. Die Erscheinungen der Ermüdung sowie die Einleitung der Gegenreaktion — lauter übrigens noch völlig dunkle Gebiete — warnen vor dieser Schlußfolgerung. Nichtsdestoweniger könnte aber vielleicht die Erregungshöhe innerhalb jedenfalls enger Grenzen der einstrahlenden Lichtmenge proportional steigen. Einer experimentellen Behandlung entzieht sich diese Schlußfolgerung zur Zeit noch völlig.

Die Gültigkeit des Hyperbelgesetzes bei verschiedensten Pflanzen und mit den genauesten Methoden zu erproben, desgleichen viele dringende Fragen, die hier bloß angedeutet wurden, einer experimentellen Erledigung zuzuführen, wird meine künftige Aufgabe sein. Auf die Beziehungen dieser Arbeit zur reizphysiologischen Literatur soll dann auch ausführlich Rücksicht genommen werden. Die Zusammenfassung der hier mitgeteilten Resultate ergibt:

1. Die Präsentationszeit fällt mit steigender Intensität ziemlich angenähert nach einer gleichseitigen Hyperbel ab, die die Ordinatenachsen zu Asymptoten hat. Mit anderen Worten: Um bei verschiedenen Intensitäten noch eben merkliche Reaktionen zu erzielen, muß analog dem Bunsen-Roscoe'schen

Gesetz $Jt = J't'$, das Produkt aus Lichtintensität und Reizdauer stets den gleichen Wert haben.

2. Während die kürzeste Präsentationszeit, welche bisher ermittelt wurde, 7 Minuten beträgt (nach Czapek [1898] für *Avena* und *Phycomyces*), gelang es, für *Lepidium* die Zeit auf 2 Sekunden herabzudrücken. Auch für diese Präsentationszeit wurde die Gültigkeit des Hyperbelgesetzes noch erprobt.

Noch sei mir verstattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Julius Wiesner, für das warme Interesse, das er dieser Arbeit gegenüber bekundete, meinen verehrungsvollen Dank auszusprechen. Ich danke ferner herzlichst Herrn Privatdozenten Dr. Karl Linsbauer für die vielfachen praktischen Winke, die er mir unzählige Male zu erteilen so liebenswürdig war.

Literatur.

Bach H., Über die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen äußeren Faktoren. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot., 1907.

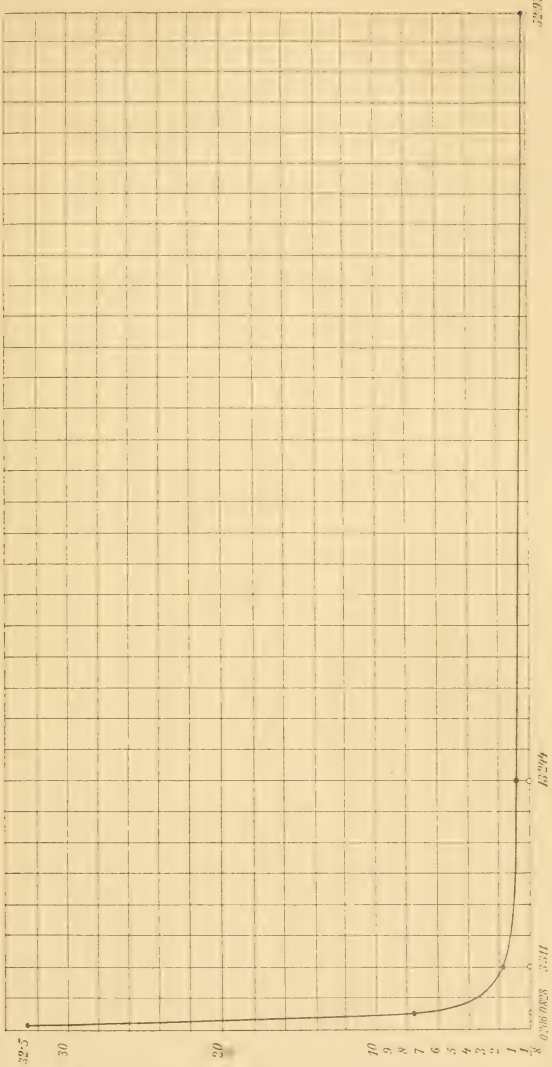
Figdor W., Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Diese Sitzungsber., Bd. CII, Abt. I, Februar 1893.

Fitting H., Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot., 1905.

Linsbauer L., Über photochemische Induktion bei der Anthokyanbildung. Wiesner-Festschrift, 1908.

Nathanson und Pringsheim, Über Summation intermittierender Lichtreize. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot., 1907.

Wiesner J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche, I. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. XXXIX, 1878.



Kurve der heliotropischen Präsentationszeiten.

Auf der Abszissenachse sind die Intensitäten, auf der Ordinatenachse die zugehörigen Präsentationszeiten aufgetragen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. III. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Ergebnisse der mit Subvention aus der Erbschaft Treitl unternommenen zoologischen Forschungsreise Dr. Franz Werner's in den ägyptischen Sudan und nach Nord-Uganda.

XIII. Vogelcestoden

von

Dr. **Bruno Klaptocz.**

(Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. Februar 1908.)

Monopylidium infundibuliforme (Goeze) var. **polyorchis** nov. var. (Tafel 1, Fig. 1 bis 4).

Aus einem von Kapstadt stammenden Exemplar des Schmarotzermilans, *Milvus aegyptius* (Gm.), einem Vogel, der über ganz Afrika mit Ausnahme der Atlasländer, über Madagascar und die Mittelmeerländer Asiens verbreitet ist und wohl auch in den Balkanländern regelmäßig auftritt, beschrieb Fuhrmann (6) erst kürzlich die *Taenia heteracantha*, scheinbar den ersten aus diesem Wirt bekannten Cestoden.

Herr Dr. F. Werner brachte aus zwei Vögeln dieser Art Entozoen mit: in beiden fand sich die im nachstehenden beschriebene Varietät von *Monopylidium infundibuliforme*, die somit ein häufiger Parasit des Schmarotzermilans zu sein scheint; in dem einen der beiden Vögel (Khartoum 28. Jänner 1905) war sie von Nematoden, im anderen (Mongallah 28. März) von einem Cestoden, *Idiogenes longicirrhosus* (Fuhrmann), begleitet.

Das Material von Khartoum ist infolge zu später und mangelhafter Konservierung leider stark mazeriert und kontra-

hiert; die etwa 40 Stücke sind durchwegs von geringer Länge (bis 1 *cm*), die beiden Skolices kaum zu benützen; dagegen ist das Material aus dem anderen Tier gut konserviert — wenn auch wohl manchmal übermäßig gestreckt — weshalb ich nach diesem beschreibe.

Der Skolex (Fig. 1) mit einem transvervalen Durchmesser von 0·25 bis 0·35 *mm* und einer Dicke von zirka 0·2 *mm*, besitzt vier unbewaffnete Saugnäpfe, deren Gestalt und Durchmesser von den Kontraktionsverhältnissen abhängig ist. Die Länge der Saugnäpfe beträgt an einem Skolex 160, ihre Breite 145 μ, die Länge der wesentlich kleineren Saugnapföffnungen fast 100, ihre Breite bis 50 μ. Die Saugnäpfe treten stark aus dem Skolex heraus. Das Rostellum mit einem Durchmesser von 40 bis 45 μ ist an den besser erhaltenen Exemplaren durchwegs eingezogen und trägt eine Krone, in der ich etwa 18 Haken zählte — es können aber auch etwas mehr sein — deren Länge ungefähr 20 μ beträgt.

Die ersten Proglottiden weisen Skolexbreite auf und sind dabei bedeutend breiter als lang; die erste Gliederung läßt sich kurz hinter den Saugnäpfen erkennen und bald darauf auch die ersten Anzeichen der Genitalorgane (Fig. 1). Später ändert sich das Verhältnis der Länge zur Breite, da die erstere überwiegt; daß dies bei den von Khartoum stammenden Tieren nicht der Fall ist, daß vielmehr hier auch bei geschlechtsreifen Proglottiden die Breite die Länge bedeutend übertrifft, ist sicher ein durch die schlechte Konservierung verursachter unnatürlicher Zustand.

Die Ränder einer Kette erscheinen meist schon makroskopisch gesägt, da die Proglottiden in der Regel vorn am schmälsten, hinten am breitesten sind. Das längste, aber auch nicht vollständige Kettenstück mißt 40 *mm*, die größte Breite 0·6 *mm*. Doch wird diese Breite nur von wenig Stücken erreicht.

Von Kettenstücken des *Idiogenes longicirrhosus* (Fuhrmann) sind die der vorliegenden Art in ungefärbtem Zustand nicht leicht zu unterscheiden.

Unter der durchschnittlich 4·7 bis 7 μ dicken Kutikula geschlechtsreifer Proglottiden liegt eine äußere feine Ring-

muskulatur und darunter eine aus stärkeren Fasern bestehende Längsmuskelschicht.

Unter den Parenchymmuskeln ist die Längsmuskulatur bei weitem am stärksten ausgebildet; sie bildet den die Mark- von der Rindenschicht scheidenden Schlauch, der, wie Querschnitte lehren, nahezu parallel zur Oberfläche der Proglottiden verläuft und nur von den ausführenden Geschlechtsgängen, beziehungsweise dem Atrium genitale durchbrochen wird.

Der Längsmuskelschlauch besteht aus zwei konzentrischen Schichten (Fig. 3), von denen die äußere an Elementen, Bündeln, die sich aus feinen Fasern zusammensetzen, wesentlich reicher ist; doch ist diese Zweischichtigkeit des Längsmuskelschlauches nicht immer, in den Seitenteilen der Proglottis fast nie, deutlich ausgeprägt, da die Schichten mitunter einander sehr genähert sind.

Eine Anzahl weniger regelmäßig angeordneter Längsfasern verläuft in der Rindenschicht.

An den Proglottidengrenzen reichen die Fasern der äußeren Schicht bis an die Subkutikularzellen, so daß dadurch die Rindenschichten der Proglottiden von einander gänzlich isoliert werden; die äußersten Faserbündel lösen sich hier in die einzelnen Fasern auf, welche strahlenförmig auseinandergehen und sich an der Kutikula der Außenwand des kragenartigen Proglottidenhinterteiles inserieren.

Der Längsmuskulatur sind dann auch noch jene feinen, kurzen, mit der Längsachse der Proglottis einen Winkel einschließenden, also eigentlich schrägen Fasern zuzuzählen, welche innerhalb des kragenförmigen Proglottidenhinterteiles verlaufen (Fig. 2, S. M.).

Die dorso-ventralen Fasern sind schwach und finden sich im allgemeinen nur in geringer Zahl und vereinzelt. Zahlreicher treten sie an den Proglottidengrenzen auf, die dadurch sowie durch eine geringere Zahl transversaler Fasern, denen nach ihrem färberischen Verhalten ebenfalls muskulöse Natur zuerkannt werden muß, klar ausgeprägt sind.

Außerdem finde ich auf der Atrialseite Fasern, welche an der Kutikula in der Umgebung des Atriums inserieren, zum Atrium ziehen und allem Anschein nach ihre direkte Fortsetzung

in den später zu besprechenden Fasern finden, die parallel zur Achse des Atriums verlaufen (Fig. 3).

Schon bei Betrachtung von Totopräparaten dieses Cestoden fällt die außerordentliche Zahl von Kalkkörperchen auf; sie finden sich in der Mark- wie in der Rindenschicht, am zahlreichsten in letzterer im hintersten Teil der Proglottis; zahlreicher als an anderen Stellen sind sie auch im Vorderteile der Markschicht. Diese Körperchen sind meist rundlich oder elliptisch, manche selbst bisquitförmig; viele, namentlich die größeren, weisen eine meist konzentrische Schichtung auf. Der Durchmesser schwankt zwischen 2 und 20 μ.

Das Exkretionssystem besteht aus zwei weitlumigen ventralen Gefäßen, die durch ein knapp vor dem Hinterende der Proglottis gelegenes Quergefäß geringeren Durchmessers miteinander in Verbindung stehen, und aus zwei engeren, dickwandigen, dorsalen Gefäßen. Diese lassen in ihrer Wand ringförmige Elemente erkennen, welche sich mit Eisenhämatoxylin schwärzen. Bei sehr starker Vergrößerung erkennt man auch mit diesen Fasern in Verbindung stehende kleine myoblastenartige Gebilde. Es handelt sich hier also um Ringfasern muskulöser Natur. Hervorgehoben sei, daß die Wände der Dorsalgefäße um so dicker sind, je enger an der betreffenden Stelle das Lumen des Gefäßes ist, ein Umstand, der sich ja aus der Dehnung der Wand leicht erklärt. Die engen Gefäße verlaufen in der Regel genau dorsal von den in dorso-ventraler Richtung meist stark geschlängelten Ventralgefäßen. Die beiden Gefäßstämme einer Seite, der dorsale und ventrale, nähern sich am meisten an den Proglottidengrenzen, zuweilen so, daß sie nur durch ihre Wandungen voneinander getrennt werden.

Vom Nervensystem sind nur die beiden bis 10 μ starken Hauptplexus zu beobachten, die außerhalb der Exkretionsgefäße in der dorso-ventralen Mitte der Proglottis verlaufen; allerdings sieht man von ihnen mitunter Verzweigungen abgehen, die aber bei den gewöhnlichen Färbungen nicht zu verfolgen sind. Der Plexus der Atrialseite kreuzt Cirrusbeutel und Vagina ventral.

Die unregelmäßig alternierenden Genitalatria liegen etwa am Ende des vordersten Drittels der Proglottidenseite. Die

durchschnittliche Tiefe beträgt 35 μ; die übrigen, meist kleineren Dimensionen sind in noch höherem Maß von den Kontraktionsverhältnissen abhängig. Ausgekleidet wird das Atrium von der Fortsetzung der Kutikula der Proglottidenoberfläche (Fig. 4).

Die Hodenbläschen, deren Zahl zwischen 35 und 40 schwankt, liegen in der hinteren Hälfte der Proglottis. Ursprünglich kugelig mit einem Durchmesser von etwa 40 μ, erscheint ihre Gestalt durch Kontraktions- und Preßungszustände modifiziert. Da sie in dorso-ventraler Richtung fast immer in einer Schicht liegen — nur selten liegen zwei Hodenbläschen in dieser Richtung — so ist ihre Dimension in dieser Richtung meist die größte und beträgt bis 60 μ und mehr, wobei dann der Durchmesser in den anderen Richtungen bis auf etwa 30 μ sinkt.

Die 2 bis 5 μ starken Vasa efferentia, die sich oft gleich nach ihrem Ursprung dichotomisch teilen, scheinen durchgehends am Dorsalpol der Hodenbläschen zu entspringen und vereinigen sich zunächst untereinander und dann zu dem in seinem Beginn ebenfalls dorsal verlaufenden Vas deferens, das mit Spermatozoen immer reichlich gefüllt einen Durchmesser von 6 bis 14 μ aufweist. Es bildet ein dichtes Konvolut von Schlingen, die größtenteils dorsale Lage haben und im zweiten Viertel oder Fünftel der Proglottis zwischen Cirrusbeutel und der dem Atrium gegenüberliegenden Proglottidenseite, aber auch vor dem Cirrusbeutel und dorsal von diesem liegen. Nach ihrer Zahl und dem Umstand zu schließen, daß sie mit Sperma stets prall erfüllt sind, fungieren sie, wie dies schon Crety (4) von *Taenia infundibuliformis* Goeze angibt, als Vesicula seminalis.

Am Beginne des Vas deferens sehe ich auf einer Schnittserie einige, anscheinend 4, gestreckte, flaschen- oder keulenförmige Zellen, die zu einer Gruppe vereint, eine Länge von 18 μ aufweisen. Die Kerne liegen im dicken Ende der Zelle; das dünne Ende scheint in das Vas deferens zu münden. Es handelt sich hier wohl um Prostatazellen, wenn auch ihre geringe Zahl auffallen muß. Die Wände des Vas deferens sind sehr dünn; nur dort, wo die abgeplatteten Zellkerne liegen, sind sie etwas dicker.

Die größte Dimension des Cirrusbeutels, dessen Gestalt man am besten aus Fig. 4 entnimmt, beträgt über 0·1 *mm* und schließt mit der Längsachse der Proglottis einen spitzeren Winkel ein als mit der Querachse derselben. Charakteristisch ist, daß der Cirrus rückläufig liegt und demnach an der Vorderseite des Innenendes des Atrium genitale mündet, obwohl der Innenpol des Cirrusbeutels hinter dem Atrium liegt.

Die Wand des Cirrusbeutels, der außen die Myoblasten anliegen, besteht der Hauptsache nach aus zahlreichen, feinen Muskelfasern, die meist zu sehr kräftigen Bündeln vereint, sich als Ringmuskulatur erweisen; doch kreuzen sich manche dieser Bündel unter einem Winkel. Außerhalb der viel kräftigeren Ringmuskulatur liegt ein schwacher Belag von Längsmuskelfasern, die direkt in jene Fasern übergehen, welche rund um das Atrium genitale und parallel zu dessen Achse, die mit der Breitenachse der Proglottis übereinstimmt, verlaufen. Diese das Atrium umgehenden Fasern (Fig. 4) sind sehr zahlreich. Jene, welche nicht eine Fortsetzung der Längsfasern des Cirrusbeutels darstellen, scheinen die Fortsetzung der oben erwähnten Fasern, welche sich in ziemlicher Entfernung von Atrium an der Kutikula inserieren, zu bilden.

In der Umgebung der Stelle, wo das Vas deferens durch die Wand des Cirrusbeutels tritt, inserieren die Retraktoren des Cirrusbeutels; Retraktoren des Cirrus im Cirrusbeutel fand ich nicht.

Das Vas deferens durchsetzt die Wandung des Cirrusbeutels nicht etwa am Innenpol desselben, sondern vielmehr in der Mitte der der Proglottidenmitte zugekehrten Seite; der Durchmesser des Vas deferens ist hier auf kaum 8 μ verringert. Der Durchmesser des inneren Cirrusabschnittes ist etwas größer, aber immer noch bedeutend kleiner als der der Mehrzahl der Vas deferens-Schlingen. In Bezug auf die Struktur der Wandung stimmt der innere Teil des Cirrus mit dem Vas deferens überein.

Von diesem inneren Abschnitt ist der äußere Teil des Cirrus gänzlich verschieden; seine viel kräftigeren Wandungen besitzen Ring- und Längsmuskelfasern.

Bloß bei einer von vielen Proglottiden ist der Cirrus ausgestülpt, und zwar in einer Länge von 0·17 *mm*; sein Durch-

messer beträgt in diesem Fall an der Basis des ausgestülpten Teiles 16, an der Spitze bloß 7 μ. An der Basis ist er mit über 40 und mehr μ langen Härchen besetzt, denen eine gewisse Rigidät zukommt (Fig. 3, Hä.); gegen die Spitze hin werden diese Härchen kürzer.

Ein eigentümliches Bild geben Schnitte von Proglottiden, in denen der Cirrus in die eigene Vagina eingestülpt ist (Fig. 4): diese ausgesprochene Autokopulation findet sich bei der Mehrzahl der vielen untersuchten Proglottiden. Sehr tief kann der Cirrus in die enge Vagina nicht eindringen und so erscheint nur der dickste, basale Teil des Cirrus ausgestülpt, an dem die Härchen dort beginnen, wo der Cirrus nach hinten umbiegt. In diesen Fällen liegen nämlich die langen Härchen parallel zur Längsachse dieses Cirrusteiles und diesem außen eng an: es entsteht dann stellenweise ein Bild, als ob der Cirrus mit feinen, parallelen Leisten besetzt wäre. Daß Crety ganz dasselbe Bild gesehen hat, sowohl was Selbstbefruchtung als auch Struktur des Cirrus anlangt, geht aus seinen Worten (4, pag. 7) klar hervor.

Die Vagina mündet an der dem Hinterende der Proglottis genäherten Seite des Atrium (Fig. 4); sie zieht von hier schief nach hinten und gegen das Innere der Proglottis, wo sie dann in das große Receptaculum seminis übergeht; die Länge dieses Stückes beträgt etwa 0·13 *mm*, der Durchmesser im dicksten Teil 20 bis 30 μ und an der Übergangsstelle ins Receptaculum seminis, wo sich die Vagina trichterförmig (Fig. 2) verengt, bloß 4 μ. Das Lumen der Vagina ist in Anbetracht der dicken Wandungen entsprechend kleiner.

Was den Bau der Vagina anlangt, so liegt zu äußerst eine kräftige Ringmuskelschicht, um sie herum zahlreiche Myoblasten und ähnliche Zellen; nach innen von dieser Muskelschicht liegt eine 2 bis 3 μ dicke Schichte, welche den Hauptteil der Wandung ausmacht, sich nur schwach färbt und nahezu homogen erscheint. Auf Schnitten, welche die Vagina quer treffen, zeigt sich am besten, daß ihr Lumen fast nie kreisrund, sondern oval oder infolge von Furchen, die in der Längsrichtung verlaufen, unregelmäßig begrenzt ist. Die das Lumen auskleidende Wand schwärzt sich mit Eisenhämatoxylin etwas

stärker als die übrige Schicht, in der sich, dem Lumen genähert, sehr kleine, nicht deutlich erkennbare Elemente finden, die ebenfalls ziemlich tinktionsfähig sind.

Das Receptaculum seminis liegt hinter dem Cirrusbeutel, ungefähr in der Breitenmitte der Proglottis, aber doch immer der Atrialseite etwas näher; an dem dieser Seite zugekehrten Ende steht es mit der Vagina in Verbindung. Die größte Dimension des Receptaculums beträgt bis über 0·1 *mm* und liegt bald zur Breiten-, bald zur Längsachse der Proglottis parallel. Mit Sperma ist es meist dicht erfüllt; seine Wände sind dünn und lassen zerstreut liegende, abgeplattete Kerne erkennen. Die Gestalt des sehr dehnbaren Receptaculums wird auch dadurch beeinflußt, daß es inmitten der meisten anderen Teile des Genitalapparates liegt.

Der größte Teil des asymmetrisch zweiteiligen Keimstockes liegt in gleicher Höhe mit dem Vas deferens-Konvolut, in der der Atrialseite gegenübergelegenen Proglottidenhälfte; in seinem Vorderteil liegt er meist etwas dorsal und weist die größte Ausdehnung in der Längsrichtung der Proglottis auf; der kleinere Teil des Keimstockes, der mit dem größeren durch eine lange Brücke in Verbindung steht, liegt neben dem Receptaculum auf der Atrialseite.

Der Dotterstock hat eine wechselnde Lage: er kann sowohl hinter dem Receptaculum wie auch neben diesem auf der der Atrialseite gegenüberliegenden Seite desselben liegen, in der dorso-ventralen Mitte und der Medianlinie der Proglottis wenigstens genähert. Seine größte Dimension beträgt 80 bis 100 μ. Der Schalendrüsenkomplex liegt etwas hinter dem Receptaculum und dorsal.

Die nicht leicht zu verfolgende Vereinigung der weiblichen Gänge liegt teils hinter, teils ventral von Receptaculum sowie zum Teil auch an der dem Atrium abgewendeten Seite desselben.

Da in keiner der vielen untersuchten Proglottiden die Uterinentwicklung vorgeschritten ist, kann ich über die diesbezüglichen Verhältnisse nichts sagen; übrigens erwähnt schon Crety (4, pag. 8) von *Taenia infundiboliformis* Goeze, daß »l'utero si forma molto presto«.

Bei den aus Khartoum stammenden Exemplaren ist infolge eines, wie erwähnt, jedenfalls auf schlechte Konservierung zurückzuführenden Kontraktionszustandes die Gestalt der Proglottiden sowie die der Genitalorgane eine abweichende. Die Glieder sind durchwegs bedeutend (zwei- oder mehrmals) breiter als lang, die Längsmuskeln infolge Kontraktion sehr dick und die Geschlechtsorgane in der Länge verkürzt, dafür aber in die Breite gezogen.

Ich habe die Verhältnisse dieses Cestoden deshalb so weitläufig erörtert, weil ich lange im Zweifel war, welche systematische Stellung diesem Tier zuzuweisen sei.

Vergleicht man die oben angeführten Daten mit dem, was Crety [4, *Taenia infundiboliformis* Goeze], Cohn [3, *Choanotaenia infundibulum* (Goeze, nec Dujardin)] und Clerc [1, *Monopylidium infundibuliformis* Goeze] berichten, so ergibt sich folgendes: In der variablen Gestalt und Größe des Skolex wie der Haken, deren Zahl mit 20 bis 22 angegeben wird, liegt ebensowenig ein durchgreifender Unterschied wie in der schwankenden Größe der Ketten und der einzelnen Glieder; dagegen beträgt die Zahl der Hoden bei der vorliegenden Form 35 bis 40, während Crety 16 bis 20, Cohn 25 bis 30 angibt; ihre Größe stimmt dagegen mit den bisherigen Angaben. Auch die Angaben bezüglich der übrigen Genitalorgane stimmen, wenn man davon absieht, daß Cohn und Clerc die auffällige Ringmuskulatur am Cirrusbeutel nicht erwähnen.

Aus allem geht aber hervor, daß der vorliegende Cestode in den, wie schon aus den betreffenden Literaturangaben sich ergibt, vielgestaltigen Formenkreis von *Monopylidium infundibuliforme* (Goeze) gehört; die große Zahl der Hoden, die bei meinen Exemplaren gerade in der doppelten Zahl wie bei den Cestoden Crety's vorhanden sind, scheint aber nebst anderen geringfügigen Unterschieden zur Aufstellung einer Varietät zu nötigen, die sich auch durch etwas geringere Größe des Skolex und seiner Teile vor den anderen Tieren gleicher Art zu unterscheiden scheint; andrerseits ist aber zu bedenken, daß Cohn im Maximum 30 Hoden angibt und daß die Minimalzahl bei meinen Exemplaren 35 beträgt, gewiß kein großer Unterschied.

Leider finden sich noch keine Angaben über die Anatomie von Cestoden dieser Art aus Hühnern ägyptischer oder sudanesischer Provenienz; überhaupt wissen wir über die geographische Verbreitung dieses in Anbetracht seines hauptsächlichsten Wirtes, des Haushuhnes, jedenfalls weit verbreiteten Bandwurmes, derzeit noch sehr wenig, da alle Angaben vor Crety, wie Stiles und Hassall, die sie zusammenstellten, bemerken (12), mangels Berücksichtigung der Anatomie sehr unsicher sind und *„Taenia infundibuliformis"* einen Sammelnamen früherer Autoren darzustellen scheint.

So auffallend das Vorkommen eines Cestoden aus Hühnervögeln in einem Raubvogel an sich ist, so kann doch sein Vorkommen im Schmarotzermilan weniger überraschen, als wenn er in einem anderen Raubvogel gefunden worden wäre.

Denn jener Milan, einer der zudringlichsten Schmarotzer in der ganzen Vogelwelt, hält sich besonders in den Nilländern meist in unmittelbarer Nähe der menschlichen Siedlungen auf und ist bezüglich seiner Nahrung ungleich weniger wählerisch als ein anderer Raubvogel.

Eine Verwechslung bezüglich des Wirtes ist, wie hier ausdrücklich bemerkt sei, ebenso ausgeschlossen wie die bei Raubvögeln wohl gegebene Möglichkeit des vorübergehenden und sekundären Vorhandenseins von Parasiten ihrer Beutetiere.

Idiogenes longicirrhosus (Fuhrmann).

Dieser, an seinem Hauptmerkmal, dem mächtigen Cirrusbeutel, sofort kenntliche Cestode, wurde erst vor kurzem von Fuhrmann als *Davainea (Chapmania) longicirrhosa* aus einem afrikanischen Exemplar des *Milvus korschun* (Gm.) beschrieben. Da Clerc (2, p. 722) auf Grund eines neuen Cestoden *(Idiogenes tapika* Clerc), der die Charaktere der Gattungen *Idiogenes* Krabbe und *Chapmania* Monticelli vereinigt, die letztgenannte Gattung sowie die zu ihr synonyme Gattung *Capsodavainea* Fuhrmann zu Gunsten des älteren *Idiogenes* einzieht, so muß auch die Spezies *longicirrhosa* Fuhrmann, dieser Gattung zugeteilt werden.

Mir liegt diese Art aus einem Schmarotzermilan (*Milvus aegyptius* (Gm.). 28, III., 1905, Mongallah) vor, der sonach ein zweites Wirtstier darstellt.

Am längsten der vorliegenden Stücke — etwas über 2 *cm* — befindet sich der einzige Skolex, den ich im Material fand; er überschreitet das von Fuhrmann angegebene Maß (»Durchmesser 0·1 *mm*«), da er einen transversalen Durchmesser von 0·15 und einen dorso-ventralen von 0·13 *mm* aufweist. Die Haken des bei meinem Exemplar eingezogenen, nahe seinem Vorderende einen Durchmesser von 40 μ aufweisenden Rostellums, deren Zahl Fuhrmann mit »zirka 150 (?)« angibt, konnte ich ebensowenig zählen als die Haken an den Saugnäpfen, die an meinem Exemplar keine natürliche Gestalt aufweisen, da ihre Breite die Länge bedeutend übertrifft. Ihre Muskelränder sind mit mindestens 3, wahrscheinlich aber mehr Reihen feiner Häkchen besetzt, deren über die Saugnapfwülste vorragender, leichtgekrümmter Teil etwa 4 μ zu betragen scheint.

Schon etwa 60 μ hinter der Stelle, wo sich der Skolex zu einem halsartigen Teile verjüngt, lassen sich die ersten Anzeichen einer Gliederung in Form eines auf beiden Seiten der Kette spiegelbildlich gleichen, wellenförmigen Verlaufes der Kutikula erkennen, der rasch distinkter wird, so daß sich bald hinter diesen ersten Anzeichen auch die Proglottidengrenzen erkennen lassen.

Was die Gestalt der einzelnen Proglottiden betrifft, die ihre größte Breite nahe dem den vordersten, schmälsten Teil der folgenden Proglottis leicht kragenartig umfassenden Hinterende erreichen, so scheinen sie bei meiner Kette infolge der Konservierung etwas übermäßig gestreckt. Da aber die letzten Proglottiden dieses über 2 *cm* langen Stückes erst 0·27 *mm* breit und 0·26 *mm* lang sind, und da in ihnen von den übrigens spät zur Entwicklung gelangenden Genitalorganen erst die Hoden — deren Zahl ich wie Fuhrmann zwischen 10 und 12 schwankend finde — deutlich zu erkennen sind, die indes auch noch nicht ihre volle Größe erreicht haben, so dürfte die Kette wohl länger als 2 *cm* werden. Leider konnte ich den abgerissenen Teil der erwähnten Kette nicht im Material finden.

Glieder mit entwickelten Geschlechtsorganen sind zwar auch am Vorderende am schmälsten, im übrigen aber gleich breit oder etwas vor der Mitte, wo das Atrium genitale liegt, am breitesten.

Die Anatomie dieses Cestoden hat Fuhrmann bereits behandelt; über Muskulatur, Exkretions- und Nervensystem konnte er jedoch wegen des mangelhaften Erhaltungszustandes seines Materials keine Angaben machen.

Die Subkutikularmuskulatur weist eine feine Längsmuskelschicht — deren Fasern ungefähr 0·5 μ im Durchmesser messen — und außerhalb dieser eine aus gleich starken Fasern bestehende Ringmuskelschicht auf.

Unter der Parenchymmuskulatur fallen vor allem die die Rinden- von der Markschicht scheidenden Längsmuskeln auf.

Diese Fasern sind größtenteils zu Bündeln von verschiedener Stärke vereinigt; die stärksten liegen im allgemeinen am weitesten innen und reichen an den Proglottidengrenzen in die Subkutikularschicht, in die sonst nur die äußeren, schwächeren Fasern des Längsmuskelschlauches reichen, deren Insertionen an der Kutikula man auch vielfach beobachten kann. Die meisten Fasern sieht man am Hinterende der Proglottis inserieren; dies sind zum Teil die strahlenförmig auseinander gehenden Vorderenden von Bündeln, die in den folgenden Proglottiden verlaufen, zum Teil aber auch selbständige Fasern, die auf den Hinterrand der Proglottis beschränkt sind, welcher den Beginn des folgenden Gliedes leicht kragenförmig umgibt.

Außerdem finden sich noch schwache Dorso-ventralfasern in geringer Zahl, die auch an den im Parenchym nur schwach ausgeprägten Proglottidengrenzen nicht viel zahlreicher sind als anderwärts.

Vom Exkretionssystem konnte ich auf Schnitten von Proglottiden, an denen die Geschlechtsorgane recht deutlich zu sehen sind, bloß zwei große Gefäßstämme sehen, die in den seitlichsten Teilen der Markschicht verlaufen und durch ein knapp vor dem Hinterende der einzelnen Proglottiden gelegenes, schwächeres Quergefäß kommunizieren. Im allgemeinen in der dorso-ventralen Mitte der Proglottis verlaufend, umgreift das Gefäß der Atrialseite mit einer plötzlichen halb-

bogenförmigen Krümmung die ausführenden Geschlechtsgänge auf der Seite der Vagina. Vom Nervensystem sah ich nur die beiden Hauptplexus, die einen meist kreisrunden, seltener etwas ovalen Querschnitt von etwa 14 μ Durchmesser bieten und außerhalb der Exkretionsstämme, in den äußersten Seitenteilen der Markschicht liegen. Die dorso-ventrale Mitte der Proglottis halten sie genauer ein als die Exkretionsstämme, die sie begleiten; der Plexus der Atrialseite kreuzt die ausführenden Geschlechtsgänge neben dem Exkretionsstamm und auf der gleichen Seite. Wenn ich in den folgenden Angaben diese Fläche als ventral bezeichne, so geschieht dies hauptsächlich, um einen Anhaltspunkt für die Beschreibung zu haben; aus der Hodenlagerung kann man diesbezüglich nichts entnehmen, da die relativ großen Hoden durchschnittlich in der dorso-ventralen Mitte liegen, sonderbarerweise aber durchgehends an dem nach der obigen Bezeichnungsweise ventralen Pol in die Vasa efferentia übergehen.

Zur Beschreibung der Genitalorgane durch Fuhrmann möchte ich folgendes hinzufügen:

Wenn die im hinteren Teile der Proglottis gelegenen Hodenbläschen ihre volle Größe erreicht haben, weisen sie meist eine ovoide, viele aber auch eine etwas unregelmäßige Gestalt auf, da sie sich an einander pressen und dadurch etwas deformiert werden; oft liegen sie in dorso-ventraler Richtung in zwei Schichten. Der Durchmesser in den drei Richtungen des Raumes beträgt im Mittel etwa 45 μ.

Die 1·5 bis 2 μ starken Vasa efferentia vereinigen sich in der Medianlinie der Proglottis zu dem in der hinteren Hälfte des Gliedes ventral verlaufenden Vas deferens, das nach vorn zieht. Nahe seinem Ursprung schwankt sein Durchmesser zwischen 3 und 6 μ; sein Lumen scheint kaum halb so groß zu sein. In der Vorderhälfte der Proglottis verläuft es hauptsächlich auf der der Atrialseite gegenüberliegenden Seite zwischen Cirrusbeutel und Exkretionsstamm und bildet hier mehrere Schlingen, welche die ganze dorso-ventrale Ausdehnung der Markschicht einnehmen. Diesen Schlingen kommt wohl die Bedeutung einer Vesicula seminalis zu, da sie bei einem Durchmesser von etwa 8 μ mit Spermatozoen dicht

erfüllt sind. Der proximale Teil des Cirrus hat ungefähr denselben Durchmesser und dieselbe Beschaffenheit der Wände wie das Vas deferens. Erst in ziemlicher Entfernung von der Eintrittsstelle des Vas deferens in den Cirrusbeutel werden seine Wände dicker und sind dann mit Härchen besetzt.

Der distale Teil des Cirrus hat einen Durchmesser von ungefähr 18 μ, die ihn auskleidenden Härchen eine Länge von über 6 μ.

Der Querschnitt des mächtigen Cirrusbeutels, in dessen Wand eine innere Ring- und eine äußere viel kräftigere Längsmuskulatur sich unterscheiden lassen, ist so groß, daß er im mittleren Teil der Vorderhälfte der Proglottis die ganze Markschicht in dorso-ventraler Richtung — im Betrage von etwa 80 μ — ausfüllt.

Die von Fuhrmann entdeckten Retraktoren des Cirrusbeutels bestehen aus kräftigen Muskeln, welche teils in der der Atrialseite gegenüberliegenden Vorderecke der Proglottis seitlich, teils aber auch an der ventralen Proglottidengrenze inserieren. Die ersteren kreuzen, zu einem sehr starken Bündel vereint, das hier dem dorsalen Teil des Parenchymmuskelschlauches sehr genäherte Exkretionsgefäß ventral; manche dieser Muskeln weisen eine Dicke von 3 bis 4 μ auf, so daß ihre Zusammensetzung aus einer großen Anzahl von Fasern sehr wahrscheinlich ist.

Die Retraktoren des Cirrus im Innenrande des Cirrusbeutels sind nahezu ebenso stark.

Die unimarginalen, etwa in der Mitte des Proglottidenrandes gelegenen Genitalatria weisen eine Tiefe von etwa 28 μ und, bei eingezogenen Cirrus, eine Öffnung von etwa 10 μ Durchmesser auf; im Innenteile ist das Lumen größer.

Das Atrium besitzt eine auskleidende Kutikula von etwa 3 μ Dicke und zahlreiche Radialmuskeln mittlerer Stärke.

Von ihrer Mündung, die unmittelbar ventral von jener des Cirrusbeutels liegt, zieht die Vagina, im ersten Teil ihres Weges an die Ventralseite des Cirrusbeutels geschmiegt, gegen die Mitte der Proglottis und zugleich etwas nach vorn und läuft dann in einigen Schlingen, die in der medianen Partie der Proglottis gelegen sind und sich von der ventralen bis zur dorsalen

Längsmuskelschicht erstrecken, wieder zurück. Von ihrer Mündung an erweitert sie sich etwas. Knapp vor der Verbindungsbrücke der beiden Keimstockflügel, also dorsal und median, wo sie einen schon wieder etwas engeren Durchmesser von zirka 15 μ aufweist, verengt die Vagina sich plötzlich auf etwa ein Zehntel dieses Maßes und mündet nun als kurzer, dünner, aber wieder etwas sich erweiternder Kanal ventralwärts ziehend, von vorn und nahe dem ventralen Pol des Receptaculum seminis in dieses.

Das Lumen der Vagina ist, wie schon Fuhrmann berichtet, gleich dem des Cirrus mit Härchen ausgekleidet, die in der Nähe der Mündung in das Atrium am dichtesten stehen und am längsten sind, während sie am Ende des erweiterten Teiles der Vagina sowie in dem daran sich schließenden verengten Teil derselben bedeutend kürzer sind.

Die Wand der Vagina weist Ringmuskulatur auf. Das median und etwas ventral gelegene Receptaculum liegt zwischen den Keimstockflügeln und ventral von der kurzen Verbindungsbrücke derselben; nach meinen Schnitten, auf denen es durchwegs mit einer großen Menge zu einem dichten Knäuel geballter Spermatozoen erfüllt ist, hat es in der Regel Kugelgestalt und einen Durchmesser bis 45 μ. Die Wände sind viel schwächer als die der Vagina, lassen die ihnen außen anliegenden, abgeplatteten Kerne der Bildungszellen gut erkennen und besitzen keine Härchen.

Der gleich große oder etwas kleinere Dotterstock liegt dorsal und etwas weiter nach hinten; ventral von ihm und hinter dem Receptaculum findet die Vereinigung der verschiedenen weiblichen Gänge statt; der von zahlreichen Schalendrüsenzellen umgebene Teil derselben läuft ventralwärts und geht dann nahe der ventralen Längsmuskelschicht in den in seinem ersten Teil wenigstens nach vorn verlaufenden Uteringang über, der sich von dem hier in seiner Nähe gelegenen Vas deferens außer durch seine bedeutendere Größe, vor allem durch den Zellenreichtum seiner Wandungen unterscheidet.

Mangels in der Entwicklung entsprechend vorgeschrittener Glieder konnte ich die Uterinverhältnisse nicht untersuchen.

Erwähnt sei noch, daß sich Kalkkörperchen besonders in der Rindenschicht, und zwar zwischen den Subkutikularzellen finden; ihre Gestalt ist etwas unregelmäßig, oval oder kreisrund. Die größte Dimension beträgt gegen 16 μ.

Taenia globifera Batsch (Taf. 2, Fig. 8).

Diese Art ist einer der verbreitetsten Raubvogelcestoden überhaupt, sowohl was die Zahl der Wirte wie auch was die geographische Verbreitung anlangt; eine statistische Zusammenstellung über beides findet sich bei Volz (13), der ebenso wie früher schon Morell (9), die über diesen Bandwurm existierenden, sehr zahlreichen Literaturangaben anführt. Bei beiden Autoren finden sich auch anatomisch-histologische Angaben. Volz beschreibt in derselben Arbeit (13) eine *Taenia armigera* aus einem von Suckot (Ägypten) stammenden „*Falco nubicus*", die von der typischen *Taenia globifera* Batsch sich fast nur durch die Gestalt der Haken und des Uterus unterscheidet und später von Clerc (1), der Gelegenheit hatte eine große Zahl von Exemplaren der *Taenia globifera* zu untersuchen und dabei eine beträchtliche Variabilität dieser Art fand, nach eingehender Vergleichung als synonym zu *Taenia globifera* Batsch eingezogen wurde.

Schon vor Clerc hatte sich auch Cohn (3) mit dieser Art beschäftigt und sie zum Typus einer neuen Gattung *Cladotaenia* Cohn gemacht; dies aber, wie Fuhrmann (6, p. 220, Anmerkung 1 und 7, p. 293, Anmerkung 5) bemerkt, mit Unrecht, da *Taenia globifera* Batsch eine typische *Taenia* ist.

Das mir vorliegende Material stammt aus einem Turmfalken, *Cerchneis tinnuculus* L. (13. III. 1905, Gondokoro, Nord-Uganda), einem Vogel, der zwar hauptsächlich Europa und den größten nach Norden gelegenen Teil Asiens bewohnt, aber auch bis tief ins Innere Afrikas vordringt und schon lange als Wirt der *Taenia globifera* Batsch bekannt ist; übrigens war dieser Cestode auch schon aus Ägypten bekannt.

Im oben erwähnten Turmfalken fanden sich außer anderen Helminthen ein etwa 15 *mm* langes, aus 17 Proglottiden bestehendes Kettenstück dieser Taenie, 4 einzelne

Proglottiden und 4 Proglottiden, von denen je 2 zusammenhingen: alle waren in der Ausbildung bereits weit vorgeschritten und ziemlich — bis über 1 *mm* — dick.

Länge und Breite der Glieder — größte Länge 1·7 *mm* bei einer nicht ganz 1·5 *mm* breiten, größte Breite etwas über 2 *mm* bei einer 0·73 *mm* langen Proglottis — halten sich innerhalb der bisherigen Angaben.

Ein Skolex war nicht vorhanden.

Infolge des vorgeschrittenen Entwicklungsstadiums dieser Proglottiden sind manche Organe schon sehr zurückgegangen: von den Hoden ist fast, von den dorsalen Exkretionsgefäßen überhaupt nichts mehr zu sehen.

Kalkkörperchen sind noch vorhanden.

Der wie Clerc gezeigt hat, in seiner Form sehr variable Uterus zeigt auf manchen Flächenschnitten deutlich die Gestalt eines Ankers, dessen Stil von dem nach vorn bis zum Ende des ersten Viertels oder Fünftels der Proglottis ragenden Mittelteil des Uterus dargestellt wird, während seine Seitenteile von den seitlichen, auf die hintere Hälfte der Proglottis beschränkten blindsackartigen Ausstülpungen des Uterus gebildet werden. Der Mittelteil wie die seitlichen Blindsäcke erstrecken sich über die ganze dorso-ventrale Ausdehnung der Markschicht.

Einige Beobachtungen, die sich in den bisherigen Bearbeitungen nicht finden, sowie einige Abweichungen von denselben seien hier erwähnt:

An der Kutikula konnte ich stellenweise eine Struktur erkennen, die dem Bild, das ich an der Kutikula eines Phyllobothriden gesehen und gezeichnet habe (8, Taf. I Fig. 2), sehr ähnlich ist, sich aber dadurch unterscheidet, daß die aus stäbchenförmigen Elementen sich zusammensetzende Schicht im Verhältnis zu den übrigen Schichten viel mächtiger entwickelt ist.

Das Atrium genitale (Fig. 8) ist von urnenförmiger Gestalt; seine Öffnung beträgt ungefähr 20, der Durchmesser in seinem innersten, erweiterten Teile beiläufig 30 und seine Tiefe zirka 26 μ; alle diese Maße gelten für den gezeichneten Zustand, nämlich bei teilweise ausgestülpten Cirrus, ein Zustand, der sich bei allen 3 geschnittenen Proglottiden findet.

Die das Atrium auskleidende Kutikula ist merklich schwächer als die Kutikula an den Außenflächen der Proglottis; auffallend ist die außerordentlich kräftige Radiärmuskulatur des Atriums (Fig. 8), die aus zahlreichen, mitunter über 3 μ dicken Muskeln besteht, welche sich einerseits an den die Atrialöffnung umgebenden Partien der Proglottidenseite, andrerseits an den Wänden des Atriums inserieren. Diese starken Muskeln sind wohl aus Fasern zusammengesetzt, wenn ich dies auch nicht sicher erkennen konnte.

Form und Maße des Cirrusbeutels stimmen mit den bisherigen Angaben. Männliche und weibliche Ausführungsgänge treten zwischen dem großen, in diesen Proglottiden allein noch vorhandenen Ventralgefäß und dem Nervenplexus der Atrialseite durch, der in dieser Region dem dorsalen Teil des Parenchymmuskelschlauches eng anliegt.

Kräftige Retraktoren des Cirrus finden sich am Innenpol des Cirrusbeutels; in derselben Gegend, aber natürlich außen, scheinen auch Retraktoren des Cirrusbeutels zu inserieren.

Der Durchmesser des ausgestülpten Cirrusteiles beträgt 15 bis 23 μ, der des Vas deferens vor seinem Eintritt in den Cirrusbeutel 5 μ.

Bertia delafondi (Railliet) (Taf. 1, Fig. 5 bis 7).

Dieser Anoplocephalide weist eine weite Verbreitung auf; in Europa wurde er aus der gewöhnlichen Taube, und zwar sowohl aus der domestizierten Form, der Haustaube, *Columba livia domestica*, wie auch aus der wilden Stammform, der Felstaube, *Columba livia fera*, bekannt; außerdem ist er von Mégnin in der berühmten nordamerikanischen Wandertaube *(Columba migratoria = Ectopistes migratorius)* und von Fuhrmann (5) in »*Crossopthalamus gymnophthalamus* (Brasilien)«[1] gefunden worden; der letztgenannte Forscher (5) hat auch die Anatomie dieser Art dargestellt und faßt die bis zu jenem Zeitpunkt erschienene Literatur über diesen Cestoden zusammen.

[1]) Wohl *C. gymnophthalmus* Rchb. = *C. maculosa* Tem., für die in der »Synopsis avium, nouveau manuel d'ornithologie« par Alphonse Dubois, Bruxelles 1899—1904 (p. 750, Nr. 9611), Uruguay, Argentinien und das nördliche Patagonien als Heimat angegeben ist (oder *C. gymnophthalma* Tem. et Knip., l. c. 9608 »Iles Curaçoa, Aruba et Bonaire«?).

Das mir vorliegende Material stammt aus einer Haustaube, die im April 1905 an Bord eines Nildampfers zwischen Gondokoro und Duem geschlachtet wurde, aber jedenfalls, da, wie Herr Dr. F. Werner freundlichst mitteilt, im Sudan die Haustaube nicht gezogen wird, aus Khartoum mitgenommen wurde.

Herr Dr. F. Werner teilt weiters mit, daß ihm dieser Bandwurm dadurch auffiel, daß er im Leben »auf einer Seite sehr schön rosenrot« war, etwas, von dem man an den konservierten Tieren gar nicht mehr erkennen kann, weder äußerlich noch im Gewebe.

Aus der betreffenden Taube stammen 3 sehr gut erhaltene Ketten mit Skolices von folgenden Dimensionen: Länge 87, 95 und 110 *mm*, größte Breite (ziemlich genau in der Längenmitte der einzelnen Ketten gelegen) 5, 6 und 5 *mm*.

Sie überschreiten daher die von Fuhrmann angegebenen Maße in der Länge (»14 *cm*«) nicht, wohl aber etwas in der Breite (»5 *mm*«).

Die größte Dicke der Ketten beträgt etwa 2 *mm*.

Außer diesen Ketten finden sich im vorliegenden Material noch 4 Gruppen abgelöster Proglottiden, die ein sonderbares Verhalten aufweisen (Fig. 6, *a*, *b*, *c*). Eine dieser Gruppen besteht aus 15, eine aus 6 und zwei aus 5 Proglottiden. Alle diese Gruppen sind eingerollt, und zwar mit Ausnahme einer der beiden aus 5 Proglottiden bestehenden entweder, wie die beiden anderen kleinen Gruppen (Fig. 6 *b*, *c*), so daß die beiden Enden des Stückes aneinander schließen, wodurch sie ein in Gestalt und Größe sehr an die Exkremente größerer Sphingidenraupen gemahnendes Äußere erhalten oder aber in der Art, wie die aus 15 Proglottiden bestehende Gruppe (Fig. 6 *a*), die beinahe 2 Spiralwindungen aufweist. Da mindestens zwei von den vorhandenen Ketten — wahrscheinlich aber alle drei —, nach der Beschaffenheit ihres Hinterendes zu schließen, bereits Proglottiden abgestoßen haben, stammen jene Gruppen wohl von den vorhandenen Ketten, deren letzter Teil übrigens durchwegs eine mehr minder deutliche Neigung zur Krümmung nach einer Fläche aufweist.

An Schnitten in allen drei Richtungen durch Proglottiden 68 *mm* hinter dem Beginn der 95 *mm* langen Kette, in denen

der Uterus wohl entwickelt und mit Eiern reichlich erfüllt ist und in den seitlichen Teilen der Proglottis bereits den größten Teil der Markschicht einnimmt, fällt vor allem die außerordentliche Deutlichkeit auf, mit der die Proglottidengrenzen im Gewebe, hauptsächlich in der Markschicht, ausgesprochen sind.

Die Markschichten zweier aufeinander folgender Proglottiden sind nämlich durch eine durchschnittlich 15 bis 20 μ starke Platte (Fig. 6), die aus eigentümlichen Zellen besteht, voneinander geschieden.

In dorso-ventraler Richtung reichen diese Platten bis an die innersten, stärksten Bündel des interproglottidären Längsmuskelschlauches, ja, einzelne Zellen reichen sogar in die Zwischenräume der innersten Bündel, diese selbst mitunter etwas, wenn auch nur wenig, aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängend; diese Platten unterbrechen somit die zunächst an die Markschicht grenzenden (aber noch innerhalb des Längsmuskelschlauches gelegenen) Transversalmuskelschichten der einzelnen Proglottiden vollkommen. Seitlich reichen die Platten bis an die großen Exkretionsstämme.

Hinter und besonders vor einer Platte, also einerseits dem Vorderteil einer Proglottis, andrerseits dem Hinterende der vorhergehenden angehörend, liegen die dorso-ventralen Muskeln dichter als anderwärts und der Platte meist eng an (Fig. 8). Auch im Gewebe der Rindenschicht sind die Proglottidengrenzen fast durchgehends deutlich ausgeprägt.

Zur Form jener Zellplatte ist noch hinzuzufügen, daß ihre Vorderseite meist viel ebener ist als die Hinterseite. Die sie zusammensetzenden Zellen lassen ihre Begrenzungen deutlich erkennen, sind von unregelmäßiger, annähernd polyedrischer Gestalt und schließen ohne Zwischenräume dicht aneinander, so daß sie auf Querschnitten ein wabiges Bild aufweisen.

Die bei weitem geringste Dimension der Zellplatte stimmt mit der Längsachse der Kette überein; in dieser Richtung liegt in der Regel bloß eine Zelle oder zwei nebeneinander, drei nur ausnahmsweise. Die größte Dimension der einzelnen Zelle muß durchaus nicht mit einer der drei Dimensionen der Kette übereinstimmen, liegt also oft schief; sie beträgt bis 32 μ und nähert sich bald der dorso-ventralen, bald der longitudinalen Richtung.

Die Kerne dieser Riesenzellen sind von rundlicher oder ovaler Form, tingieren sich stark, enthalten einen scheinbar meist zentrisch gelegenen Nucleolus und sind auf den mir vorliegenden Schnitten in der Regel stark wandständig gelegen. Ihre größte Dimension beträgt 2·5 bis 3 μ. Das Zellplasma ist körnelig, enthält oft auch größere rundliche, elliptische oder unregelmäßige Körper und zeigt mitunter eine weitgehende Neigung zur Vakuolisierung.

Der Zellkern ist von einer Plasmaschicht umgeben, die keine Einschlüsse erkennen läßt und bei vorgeschrittener Vakuolisierung in gleicher Eigenschaft in seiner Umgebung als dünne Schicht an der Zellwand sich findet und andrerseits oft auch dünne Fortsätze gegen das Innere der Zelle entsendet.

Von eingerollten Proglottiden untersuchte ich an Sagittalschnitten 2, welche von der aus 5 Gliedern bestehenden, nicht ganz geschlossenen Gruppe stammen.

Diese Proglottiden hängen an der Dorsalseite zusammen, und zwar nur mittels der Kutikula und der Rindenschicht dieser Seite (Fig. 7). Die Markschicht wird nahezu ganz vom Uterus eingenommen; die im Beginne der Entwicklung des Uterus zwischen seinen Ästen befindlichen Gewebspartien sind nun zu dünnen Wänden geworden, in denen sich meist nur dorso-ventrale Fasern erkennen lassen. Von den Genitalorganen sind hauptsächlich Teile der Leitungsgänge, vor allem aber das Receptaculum seminis erhalten, das vom Uterus gegen die hintere Proglottidengrenze gedrängt wird und daher in der Richtung der Längsachse die Kette zusammengepreßt ist, dagegen aber die ganze Mächtigkeit der Markschicht einnimmt und somit eine dorso-ventrale Dimension von zirka 0·35 *mm* aufweist.

Die vorderen und hinteren Proglottidengrenzen enthalten starke dorso-ventrale Muskulatur, die hier zugleich die Begrenzung des Uterus darstellt; an der Hintergrenze des Gliedes ist diese Muskelschicht in einem beträchtlichen Teil der Ausdehnung, welche der Markschicht entspricht, in eine schwächere innere und eine stärkere äußere Schicht gespalten, zwischen denen das quere Exkretionsgefäß verläuft, die Verbindung der beiden großen Stämme.

Die äußere dieser beiden Schichten ist in der Regel noch merklich stärker als die dorso-ventrale Muskelschicht, welche am Vorderteil des Gliedes die Grenze des Uterus bildet; fast nur an der letzteren (Fig. 7) finden sich merkliche Reste der Interproglottidalplatte, welche oft noch die Gestalt der Zellen erkennen lassen, die keinen oder einen grobkörnigen Inhalt aufweisen.

Die Breite der eingerollten Proglottiden beträgt 3·5 bis 4 *mm*. Was die Differenz ihrer übrigen Dimensionen gegenüber den oben erwähnten aus dem Verband der Kette stammenden Proglottiden anlangt, so ergibt sich folgendes: Die dorso-ventrale Dimension der eingerollten Proglottiden ist wesentlich geringer geworden, die ihrer Uteri bedeutend gestiegen — woraus schon hervorgeht, daß die Rindenschicht an Mächtigkeit bedeutend eingebüßt — hat und ebenso hat sich die Länge der Glieder auf beinahe das Doppelte erhöht.

Auch in den eingerollten Proglottiden befinden sich Kalkkörperchen, die in der Regel bloß die von Fuhrmann angegebene Größe (»9 μ«) erreichen; einzelne besitzen aber auch einen Durchmesser von 14 μ. Namentlich die größeren Kalkkörperchen weisen eine sehr deutliche Schichtung auf.

Aus dem ganzen Verhalten der Proglottiden scheint mit großer Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, daß die Interproglottidalplatte als präformierte Trennungsschicht der Proglottiden aufzufassen ist. Ob eine fortschreitende Vakuolisierung ihrer Zellelemente hiebei eine große Rolle spielt, kann ich mit Bestimmtheit nicht sagen. So viel ist aber wohl sicher, daß die Interproglottidalplatte zu den von Stiles und Hassall (10, 11) bei verschiedenen *Moniezien* an den Gliedergrenzen gefundenen »Interproglottidalglands« kaum in Beziehung steht.

Bezüglich der Eier schreibt Fuhrmann (5, p. 135) von *Bertia delafondi:* »Die Eier waren leider nicht ganz reif und besaßen nur zwei Hüllen. Ein eiförmiger[1] Apparat, wie er sich bei vielen, aber nicht bei allen Bertien findet, scheint sich nicht entwickeln zu wollen.« Auch bei Eiern aus eingerollten Proglottiden, die mithin wohl schon weiter in der Entwicklung

[1] Druckfehler; soll heißen »birnförmiger«.

vorgeschritten sind, als jene, die Fuhrmann untersuchte, ist von einem birnförmigen Apparat nichts zu sehen.

Ihre Länge beträgt etwa 30 μ, die anderen Dimensionen bis 18 μ.

Davainea werneri nov. spec. (Taf. 2, Fig. 9 bis 12.)

Diese Art stammt aus einem Mäusevogel *Colius leucotis affinis* Shell (Gondokoro 7. März 1905), der laut Reichenow in Ostafrika vom weißen Nil bis zum Niassasee vorkommt, während *Colius leucotis* Rüpp. nach demselben Gewährsmanne von Habab bis Somaliland und in Schoa beobachtet wurde.

Das längste skolexführende Exemplar des spärlichen Materials maß 55 *mm*. Der Skolex weist einen transversalen Durchmesser von 0·2 *mm* auf, sein Rostellum einen solchen von 0·075 *mm*. Der Durchmesser der Saugnapföffnungen schwankt zwischen 30 und 45 μ. Die Ränder der Saugnäpfe sind mit mehreren konzentrischen Reihen kleiner Häkchen besetzt, deren innerste scheinbar 7 bis 8 μ über die Kutikula vorragen. Das Rostellum trägt zwei Kränze von Häkchen, deren jeder gegen 200 Häkchen enthalten dürfte.

Ein kleines auf den Skolex folgendes Stück der Kette läßt selbst unter dem Mikroskope keine Gliederung erkennen. Weiter hinten wird aber die Gliederung um so schärfer ausgeprägt, so daß sie sich trotz der geringen Größe der einzelnen Glieder schon mit freiem Auge erkennen läßt.

Die größte Kettenbreite beträgt ungefähr 2 *mm*, findet sich aber bloß einmal unter den vorliegenden Exemplaren.

Die Proglottiden sind viel breiter als lang. So messen Glieder, welche in der Geschlechtstätigkeit bereits vorgeschritten sind, bei 1·1 *mm* Breite nur 0·12 *mm* in der Länge. Bloß in solchen Gliedern, in denen die Eientwicklung weit vorgeschritten ist, nähert sich die Länge der Breite; sie sind z. B. bei einer Breite von 0·9 *mm* 0·67 *mm* lang. Die Breite ist dann aber merklich geringer als bei jüngeren Gliedern: es ist eine Längsstreckung vor sich gegangen.

Was den Bau der Proglottiden anlangt, so besteht die Subkutikularmuskulatur aus einer äußeren Ring- und einer inneren Längsmuskelschicht.

Eigentümlich ist die Zusammensetzung der Parenchymmuskeln, unter denen, wie dies ja meist der Fall ist, die Längsmuskulatur am stärksten entwickelt ist (Fig. 8).

Sie setzt sich aus einer inneren Zone zusammen, bestehend aus kräftigen Faserbündeln — von denen einzelne streckenweise in eine größere oder geringere Zahl schwächerer Bündel aufgelöst erscheinen — und aus einer äußeren Schicht, die von der inneren Zone durch eine deutliche längsmuskellose Partie des Parenchyms getrennt wird. Diese äußere Schicht nimmt den größten Teil der Rindenschicht ein, erstreckt sich bis in die Subkutikularschicht und besteht aus einer großen Zahl von Fasern, deren innerste zu Bündeln vereint sind und — gleich den wesentlich stärkeren Bündeln der inneren Zone — im großen und ganzen straff und gerade dahinziehen. Die außen von ihnen gelegenen Fasern dagegen setzen wesentlich schwächere Bündel zusammen, die sich sehr oft in zwei gleiche Hälften dichotomisch teilen. Die Produkte einer solchen Gabelung vereinigen sich in der Regel bald mit gleichartigen Teilen anderer Bündel.

Da es außerdem im Verlauf dieser äußeren Faserbündel regelmäßig vorkommt, daß ein oder einige Fasern ein Bündel verlassen, um in das nebenhin laufende einzutreten, so kommen eigentümliche Verhältnisse zustande, die am schönsten an durch diese Region geführten Flächenschnitten zu sehen sind und am besten sich wohl aus einer Zeichnung entnehmen lassen (Textfig. 1).

Aber auch die innersten Bündel der äußeren Längsmuskelschichte sowie selbst die kräftigen Muskelbündel der inneren Zone anastomosieren untereinander durch Faserbündel, die mit der Transversalachse der Proglottis oft einen Winkel von 45°, zuweilen sogar einen noch kleineren, einschließen.

Außer den bisher genannten finden sich noch kurze selbständige Längsmuskeln in den seitlichen Teilen der Proglottiden.

Neben der Längsmuskulatur kommen namentlich Transversalmuskeln, wenn auch in viel schwächerer Ausbildung als jene, vor. Sie liegen innerhalb der inneren Längsmuskelzone dieser knapp an und bilden sonach die Begrenzung der Markschicht. Einzelne Fasern treten aus dieser Lagerung

auch heraus und umspinnen die Bündel der inneren Längsmuskelzone.

An den Proglottidengrenzen wird auch die Markschicht selbst von zahlreichen, aber nur zum geringsten Teile genau orientierten Transversalfasern durchflochten.

Textfig. 1.

Davainea werneri nov. spec. Anastomosierende Längsmuskulatur der äußeren Schichte nach einem Flächenschnitt. Vergr. 300.

Am wenigsten ist die dorso-ventrale Muskulatur ausgebildet; am zahlreichsten finden sich die dorso-ventralen Muskeln noch an den Proglottidengrenzen.

Die beiden größeren Exkretionsstämme weisen in geschlechtstätigen Proglottiden einen dorso-ventralen Durchmesser von 33 μ auf, die kleineren, dorsalen einen solchen von etwa 4 μ. Die Geschlechtsgänge treten zwischen dem dorsalen und ventralen Stamm der Atrialseite durch.

Jeder Ventralstamm beschreibt in der Proglottis einen Halbkreis: an den Proglottidengrenzen nähert er sich der Medianlinie am meisten, in der Längenmitte der Proglottis entfernt er sich am meisten von ihr. Auch bei dieser Art kommunizieren die beiden Ventralgefäße am Hinterende jeder Proglottis; während aber diese Verbindung gewöhnlich durch ein ungeteiltes Quergefäß erfolgt, wird sie hier in der Weise dargestellt, daß von einem Hauptgefäß ein oder mehrere kleinere Stämme abgehen, oder aber, daß das Quergefäß streckenweise in zwei bis vier gleich große Gefäße aufgelöst wird, die meist dorso-ventral übereinander verlaufen; doch bleibt es auch in manchen Proglottiden ungeteilt.

Die Dorsalgefäße weisen ähnlich den Ventralstämmen einen bogig gewellten Verlauf auf. In Proglottiden, in denen die Geschlechtstätigkeit etwas vorgeschritten ist, befinden sie sich augenscheinlich in einem Rückbildungsstadium und sind hier namentlich an Querschnitten oft nur schwer auffindbar.

Die beiden großen Hauptplexus des Nervensystems verlaufen in den seitlichen Teilen der Markschicht und knapp an der diese Schicht begrenzenden Muskulatur. Der Plexus der Atrialseite verlauft ventral von Vas deferens und Vagina. Sonst halten die Nervenstämme ziemlich genau die dorso-ventrale Mitte der Proglottis ein. Von ihren Querschnittsdimensionen überwiegt im allgemeinen die dorso-ventrale bedeutend; nur der Plexus der Atrialseite weist dort, wo er die Geschlechtsgänge kreuzt, einen mehr rundlichen Querschnitt auf. Kalkkörperchen sind in großer Zahl, aber fast ausschließlich in der Rindenschicht vorhanden. Sie weisen meist eine sehr deutliche Schichtung auf und eine größte Dimension bis 18 μ.

Die Rindenschicht ist kräftig entwickelt. Die von der Transversalmuskulatur begrenzte Markschichte erreicht, wie dies besonders an Sagittalschnitten gut zu sehen ist, ihre größte Ausdehnung in der Längenmitte der Proglottiden und nimmt von hier gegen die vorderen wie gegen die hinteren Gliedgrenzen, wo sie am kleinsten ist, gleichmäßig ab. So beträgt z. B. die dorso-ventrale Ausdehnung der Markschicht in der Medianlinie einer Proglottis — deren geringste dorso-ventrale, mediane Dimension an der vorderen Gliedgrenze liegt

und 317 μ beträgt und deren größte am Hinterende liegende 462 μ beträgt — und in der Längenmitte des Gliedes 165, an den Proglottidengrenzen dagegen bloß 120 μ.

Entsprechend der kurzen, gedrungenen Gestalt der geschlechtstätigen Glieder gestaltet sich die Lagerung der Genitalorgane.

Die Hodenbläschen, deren Zahl zwischen 15 und 25 schwankt, liegen hauptsächlich — nämlich die größere Hälfte bis etwa zwei Drittel von ihnen — auf der dem Atrium abgewendeten Proglottidenhälfte; auf der Atrialseite finden sie sich nur hinter den ausführenden Geschlechtsgängen.

Nahezu regelmäßig liegen zwei Hodenbläschen in dorso-ventraler Richtung übereinander. Ihre Gestalt ist eiförmig, die größte Dimension die dorso-ventrale; sie beträgt durchschnittlich 70 bis 80 μ, die transversale 40 bis 45 und die longitudinale 30 μ.

Das mit Spermatozoen stets prall erfüllte Vas deferens ist auf den vorderen Teil der Atrialhälfte der Proglottis beschränkt. Es entsteht in der Medianebene und dorsal aus den allmählich sich vereinigenden, durchschnittlich 2 μ starken Vasa efferentia, welche die Hodenbläschen zumindest in der Mehrzahl der Fälle an der der Medianlinie zugekehrten Seite verlassen, an einer Stelle, die ebensogut dem ventralen wie dem dorsalen Pol des Hodenbläschens genähert sein kann und zieht dann in Windungen, die sich über die ganze dorso-ventrale Ausdehnung der Markschichte erstrecken, hauptsächlich sich aber doch auf der dorsalen Seite halten, gegen die Atrialseite, wo es die Wand des walzen- bis eiförmigen und senkrecht zur Längsachse der Proglottis (daher schief zu deren Seite) stehenden Cirrusbeutels meist an dem Innenpol oder in dessen Umgebung durchsetzt.

Vor dieser Eintrittsstelle hat sich der sonst etwa 9 bis 11 μ betragende Durchmesser des Vas deferens, in dessen Wandung man die abgeplatteten Kerne der Bildungszellen allenthalben deutlich erkennen kann, merklich verengt.

Die Länge des Cirrusbeutels schwankt um 100 μ, die Dimensionen seines Querschnittes — von denen die longitudinale meist etwas größer ist als die dorso-ventrale — betragen

46 bis 58 μ. Die Wand des Cirrusbeutels, in der sich eine starke Ringmuskulatur unschwer erkennen läßt, ist 1·5 bis 2 μ dick.

Ob Retraktoren des Cirrusbeutels vorhanden sind, konnte ich mit Sicherheit nicht erkennen.

Der Cirrus ist sehr kurz und von eigentümlicher Gestalt; bald nach dem Durchtritt des Vas deferens durch die Cirrusbeutelwand erweitert sich der männliche Ausführungsgang bedeutend und verengert sich, die Gestalt des Cirrusbeutels einigermaßen nachahmend, erst wieder gegen den äußeren Pol des Cirrusbeutels. Da der Cirrus keine Schlingen bildet und seine Achse meist mit der des Cirrusbeutels identisch ist, so stimmt er mit diesem in der Regel auch in Bezug auf die Länge überein. Er ist an keiner der untersuchten Proglottiden ausgestülpt und besitzt starke Retraktoren, zahlreiche Muskelfasern, welche parallel zur Cirrusachse den proximalen Teil des Cirrus umgeben und einerseits an diesem, anderseits an der Innenseite der Cirrusbeutelwand rund um die Eintrittsstelle des Cirrus inserieren.

Der Cirrus erreicht seinen größten Querschnitt etwa im äußeren Drittel des Cirrusbeutels. Sein Durchmesser beträgt hier 20 bis 25 μ; hievon entfallen ungefähr zwei Drittel auf die das Lumen auskleidenden 7 bis 8 μ langen Haare, während sich das restliche Drittel auf die je 1·5 μ dicken Cirruswände und das freie Lumen aufteilt. Der äußerste Teil des Cirrus ist frei von Härchen und wird von einer starken Kutikula ausgekleidet.

Äußerlich liegt der Cirruswand ein ziemlich starker Zellbelag auf.

Die Atria genitalia sind unimarginal und liegen bei geschlechtstätigen Proglottiden am Ende des ersten Drittels oder Viertels des Gliedrandes. Der dorso-ventrale Durchmesser des Atriums mißt 20 bis 30 μ; sein Querschnitt ist jedoch bei Proglottiden, bei denen der Cirrus eingestülpt ist — was wie bereits erwähnt, bei den untersuchten Gliedern durchwegs der Fall ist — spaltenförmig, indem der Durchmesser in der Längsrichtung der Proglottis wesentlich kleiner ist. Die Tiefe der Atria beträgt 15 bis 20 μ.

Unmittelbar hinter dem Cirrusbeutel und in gleicher Höhe mit demselben mündet die Vagina ins Atrium genitale. Von ihrer Mündung zieht sie im ersten Teile ihres Weges eng an die Hinterseite des Cirrusbeutels geschmiegt, den Nervenplexus dorsal kreuzend und zwischen den Exkretionsstämmen durchtretend in einem an kleinen dorso-ventralen Windungen — die hauptsächlich in der ventralen Hälfte liegen — reichen Verlauf gegen die Medianebene der Proglottis. In ihrem äußersten Teil, der einen dorso-ventralen Durchmesser von 20 bis 25 μ aufweist, besitzt die Vagina eine starke Wand; ihr Lumen wird hier von einer dicken Kutikula ausgekleidet, die nach innen vorspringende und zum Verlauf der Vagina parallele Wülste und zwischen diesen gleich gerichtete rundliche Furchen besitzt und von Ringmuskulatur umgeben ist.

Plötzlich verengt sich die Vagina bedeutend und erweitert sich dann wieder allmählich zu dem bedeutend größeren inneren Abschnitt, der in Anbetracht der dünnen, dehnbaren Wandungen sowie in Anbetracht des Umstandes, daß er mit Spermatozoen stets dicht erfüllt ist, in seiner Gänze als Receptaculum seminis anzusprechen ist. Der Durchmesser dieses Teiles schwankt zwischen 7 und 30 μ, und wird am größten an seinem innersten Ende oder nahe demselben.

Nun folgt abermals eine Verengung zu dem bis 7 μ starken Canalis seminalis, der sich nach kurzem Verlauf mit dem Keimleiter vereinigt.

Der zweiflügelige, symmetrische Keimstock (Fig. 10 und 11) liegt etwas vor der Längenmitte der Proglottis und weist eine transversale Ausdehnung von etwa 0·26 *mm* auf. Seine Flügel erreichen eine longitudinale Ausdehnung von etwa 70 μ und eine dorso-ventrale von ungefähr 130 μ, nehmen also in der letztgenannten Richtung den größten Teil der Markschichte ein. Eine Gliederung in Eischläuche ist nicht ausgeprägt. Die Verbindungsbrücke der Flügel liegt der ventralen Markschichtgrenze sehr nahe und entläßt an ihrer dorsalen Seite den Keimleiter, der in seinem Beginn einen Durchmesser von etwa 11 bis 12 μ besitzt. Ein Schluckapparat ist nicht vorhanden.

Von der Vereinigungsstelle des dorsal ansteigenden Keimleiters mit dem Canalis seminalis, der mit ihm in Bezug auf

den Durchmesser ungefähr übereinstimmt, geht die merklich schwächere Fortsetzung beider Gänge aus, die gegen die nahe Medianebene und dorsal zieht und knapp vor dem Eintritt in den Schalendrüsenkomplex den ventro-dorsal ziehenden Dottergang aufnimmt.

Der Dotterstock liegt median, ventral und in der hinteren Hälfte der Proglottis, zwischen den Flügeln des Keimstockes und hinter dessen Verbindungsbrücke (Fig. 10 und 11). Mit fortschreitender Geschlechtstätigkeit wird er noch weiter gegen die hintere Proglottidengrenze verschoben. Er ist bis 80 μ breit, bis 45 μ lang und bis 80 μ stark in dorso-ventraler Richtung. Er ist kompakt und unpaar, endet aber an seinem dorsalen Teile, wo ihm der 7 bis 8 μ starke, in der Medianlinie sich haltende Dottergang verläßt, zu beiden Seiten desselben in zwei symmetrische Lappen, was auf Flächenschnitten, die die dorsalste Partie des Dotterstockes treffen, den Eindruck hervorruft, als ob der Dotterstock paarig wäre.

Der von den Schalendrüsenzellen umgebene Teil des weiblichen Ganges liegt median und anscheinend stets ventro-dorsal. Nahe der dorsalen Markschichtgrenze biegt er dann um und endet bei jüngeren Proglottiden mit einem keulenförmig verbreiterten Zellgebilde, von dem später wohl die Uterinbildung ausgeht; da ich nirgends eine Uteruswand sehen konnte, ist allerdings auch die Möglichkeit vorhanden, daß ein Uterus im gewöhnlichen Sinne überhaupt nicht gebildet wird, sondern daß die Eier vom Uteringang gleich durch das dichte Parenchym der ganzen Markschicht verstreut werden, soweit es nicht — einstweilen noch — von den übrigen Geschlechtsorganen eingenommen wird.

In den ältesten mir vorliegenden Proglottiden gestalten sich die Verhältnisse folgendermaßen: die Länge dieser Glieder beträgt 0·65 bis 0·7, die Breite 0·85 bis 0·9 und die Dicke in der Medianlinie gegen 0·6 *mm*.

Vom letzten Betrag entfallen 0·4 *mm* auf die Markschicht, so daß dorsale und ventrale Rindenschicht zusammen nur mehr ein Drittel des ganzen Betrages ausmachen (Fig. 12). In der Rindenschicht finden sich noch zahlreiche Kalkkörperchen. Außerdem finden sich hier eigentümliche Bildungen, die ich

derzeit nicht zu deuten vermag. Sie liegen in größerer Zahl nur in den Seitenteilen der Rindenschicht dieser in der Reifung vorgeschrittenen Proglottiden, während sie im dorsalen und ventralen Mittelfelde der Rindenschicht nur sehr spärlich und in geringer Größe auftreten. Auf Flächen- wie auf Querschnitten weisen diese Bildungen eine rundliche oder ovale, oft langgestreckte Gestalt auf und erinnern oft an die Querschnitte von Muskelbündeln, da sie sich aus zahlreichen, 2 bis 3 μ großen Teilen zusammensetzen. Auf Schnitten mit der Doppelführung Delafieldsches Haematoxylin-Eosin, auf denen die Muskeln gleich allen übrigen Elementen der Rindenschicht rot gefärbt sind, erscheinen diese Körperchen blau gefärbt, ebenso wie die Eikapseln und deren Inhalt.

Die Eikapseln, zwischen denen sich nur sehr spärliche Parenchymreste finden, nehmen die ganze Markschicht ein: auf Querschnitten in der Gegend der Längenmitte der Proglottis liegen 2 bis 3 Eikapseln in dorso-ventraler Richtung übereinander und es werden im ganzen 16 bis 22 (Fig. 12), auf Flächenschnitten 40 bis 50 getroffen.

Die Gestalt der Eikapseln wird von ihrer engen Zusammenlagerung beeinflußt; die größte Dimension kann bis 0·2 *mm* betragen, aber dies nur in einer Richtung und im Extrem. Sie enthalten je nach ihrer Größe eine schwankende Zahl der bis 40 μ langen und bis 18 μ starken Eier, die sich aber noch in einem frühen Entwicklungsstadium zu befinden scheinen. Sie werden samt den zwischen und außerhalb von ihnen liegenden Elementen von der 3 bis 4 μ dicken Eikapselhülle umschlossen.

Taenia spec. (Taf. 2, Fig 13 bis 15).

Pomatorhynchus (= *Telephonus*) *remigialis* Finsch-Hartl. ist ein würgerartiger Vogel, der im Gebiet des weißen Niles lebt. Aus einem bei einer Holzstation vor Goz Abu Guma (4. Februar 1905) geschossenen Exemplar dieser Art stammen folgende Teile eines Cestoden: 2 skolexlose Kettenstücke, beide etwas über 1 *cm* lang und aus 27, beziehungsweise aus 24 Proglottiden bestehend, und eine einzelne 1·16 *mm* lange und 0·73 *mm* breite Proglottis, die größte von allen.

Da sonach Scolices nicht vorhanden sind und es andererseits, wie sich im folgenden ergeben wird, nicht ganz sicher ist, ob die Uterusentwicklung an der ältesten der vorliegenden Proglottiden bereits im letzten Stadium steht, erscheint eine Benennung dieses Cestoden, der wohl einer neuen Art angehört, nicht angezeigt.

Die ersten Proglottiden, zugleich die kleinsten, sind bei dem einen Kettenstück 0·15 *mm* lang und 0·34 *mm* breit, beim anderen 0·24 *mm* lang und 0·31 *mm* breit, die letzten bei beiden Ketten 0·7 bis 0·8 *mm* lang und 0·75 bis 0·9 *mm* breit.

Die Kutikularmuskulatur besteht wie gewöhnlich aus einer äußeren Ring- und einer inneren Längsmuskelschichte.

Unter den Parenchymmuskeln ist die Längsmuskulatur weitaus am stärksten entwickelt; sie ist folgendermaßen angeordnet: zu innerst, an die Markschicht grenzend, liegen die kräftigsten Faserbündel, welche einen elliptischen, mehr minder gestreckten Querschnitt aufweisen, dessen größte Dimension in der Regel zwischen 9 und 18 μ schwankt, aber bis 25 μ betragen kann (Fig. 13). Die Bündel der seitlichen Teile sind etwas schwächer als die parallel zu den Flächen der Glieder angeordneten. Bei jüngeren Gliedern, in denen die Geschlechtstätigkeit noch nicht begonnen hat und namentlich der Uterus noch nicht entwickelt ist, läßt sich noch eine zweite, die innerste Bündelschicht konzentrisch umgebende, aus schwächeren Bündeln bestehende Schicht erkennen; später wird diese Lagerung weniger regelmäßig. Bei den jüngeren Proglottiden liegen auch die Bündel der inneren Schicht so nahe aneinander, daß der Abstand zwischen zwei von ihnen geringer ist als der kleinere Querschnittdurchmesser eines dieser Bündel; mit fortschreitendem Wachstum der Proglottiden rücken aber die einzelnen Bündel auseinander, so daß später der Abstand zwischen ihnen meist bedeutend größer ist als selbst der größere Durchmesser ihres Querschnittes (Fig. 13).

Aber auch die ganze Rindenschicht wird von Längsmuskulatur durchzogen; die sie zusammensetzenden Bündeln sind im allgemeinen um so schwächer, je näher sie der Subkutikularschicht liegen, in der eine besonders große Anzahl

von Fasern verläuft, deren größte Querschnittsdimensionen — wie dies übrigens auch bei den größeren Bündeln oft der Fall ist — senkrecht zu dem ihnen nächstgelegenen Teil der Kutikula steht.

Außerdem finden sich noch feine, selbständige Längsfasern von geringer Länge im Hinterrande der Proglottis, welcher den Beginn des folgenden Gliedes leicht kragenförmig umgreift.

Dorso-ventrale Muskelfasern sind nur in geringer Stärke und in etwas größerer Zahl bloß an den Proglottidengrenzen vorhanden, wo sich auch transversale Muskeln in geringer Zahl finden.

Vom Exkretionssystem sind die ventralen und dorsalen Längsstämme zu sehen. Erstere kommunizieren durch ein knapp an der hinteren Proglottidengrenze gelgenes Quergefäß und weisen einen in dorso-ventraler Richtung wellenförmig geschlängelten Verlauf auf. Die dickwandigen, engeren Dorsalstämme können in Proglottiden mit beginnender Uterinbildung auf Querschnitten ebenso gut genau dorsal von den Ventralstämmen wie auch etwas nach außen oder nach innen von denselben verschoben liegen, Bilder, die auf den in der Ebene des Flächenschnittes geschlängelten Verlauf dieser Stämme zurückzuführen sind.

Die beiden Hauptplexus des Nervensystems verlaufen in den äußersten Teilen der Markschicht, meist in der Höhe der dorso-ventralen Mitte der Proglottis oder derselben wenigstens sehr genähert und grenzen an die innersten Muskelbündel. Ihr Querschnitt ist meist oval, die längere Achse desselben, die dorso-ventrale, beträgt etwa 28 μ, die transversale zirka 14 μ.

Kalkkörperchen mit einem Durchmesser bis 14 μ sind in geringer Zahl vorhanden.

Die Geschlechtsgänge treten zwischen den beiden Exkretionsgefäßen durch; der Nervenplexus der Atrialseite läuft ventral von Cirrusbeutel und Vagina.

Die Hodenbläschen, deren Zahl 30 übersteigt, liegen in der hinteren Hälfte der Markschicht, und zwar zum größeren Teil in der dorso-ventralen Richtung in einer Schicht; doch

liegen oft auch zwei Hodenbläschen in dieser Richtung übereinander.

Ihre Gestalt ist gewöhnlich eiförmig, die größte Dimension ist die dorso-ventrale (bis 60 μ); die beiden anderen Dimensionen sind einander meist gleich, weshalb die Hodenbläschen auf Flächenschnitten meist eine kreisrunde Gestalt zeigen, oder es überwiegt die transversale Ausdehnung, die bis 40 μ betragen kann, aber in der Regel viel geringer ist.

Sehr deutlich sind die Vasa efferentia zu sehen. Sie entspringen durchgehends am Dorsalpol der einzelnen Hodenbläschen und bilden, wie sich besonders schön auf Flächenschnitten durch diese Region zeigt, oft sich gabelnd und miteinander anastomosierend, ein reichverzweigtes Netz, aus dem dann an der Vordergrenze des Hodenfeldes das in seinem Beginn median und dorsal gelegene Vas deferens hervorgeht.

Der Durchmesser der Vasa efferentia schwankt an ihrem Ursprung zwischen 2 und 3 μ, der des Vas deferens beträgt bis 9 μ.

Das Vas deferens zieht nach vorn und bildet im Vorderteile der Proglottis und der Atrialseite näher als der anderen vor dem später zu erwähnenden Receptaculum seminis (Fig. 14) einen Knäuel von Schlingen, von denen manche sich über die ganze dorso-ventrale Ausdehnung der Markschichte erstrecken; es tritt dann am Innenpol des Cirrusbeutels durch dessen dünne Wand.

Das Vas deferens weist schon in dem Teil, welcher die Schlingen bildet, besonders aber vor seinem Eintritt in den Cirrusbeutel einen einreihigen Besatz großer, keulen- oder flaschenförmiger Zellen auf, die nur als Prostatazellen gedeutet werden können.

Die Längsachse des Cirrusbeutels stimmt mit der Transversalachse der Proglottis überein und steht sonach senkrecht zum Atrialrand; seine Länge beträgt im Mittel 90 μ, die Dimensionen seines kreisrunden Querschnittes — der größte Querschnitt liegt dem Innenpol näher als dem äußeren — gegen 40 μ.

Die Wände des Cirrusbeutels sind dünn.

Retraktoren des Cirrusbeutels fand ich nicht; dagegen scheint der Cirrus, der im Innenteil des Cirrusbeutels einige in ihrer Struktur mit dem Vas deferens übereinstimmende Schlingen bildet, Retraktoren zu besitzen.

An einem Schnittpräparat ist der Cirrus etwas ausgestülpt, so daß er 7 μ über den Rand der Proglottis hervorragt (Fig. 14). Die Dicke dieses vorragenden Teiles beträgt 13 μ, weiter innen bloß 8 μ; gleichwohl füllt er das sehr kleine Atrium genitale vollkommen aus.

Die Genitalatrien scheinen regelmäßig zu alternieren (also: 1 links, 1 rechts, 1 links, 1 rechts etc.; um dies mit Sicherheit sagen zu können, ist das Material zu klein) und liegen ungefähr am Ende des ersten Viertels des Proglottidenrandes oder etwas davor.

Sie sind ungefähr kreisrund, klein und seicht.

Die Vagina mündet hinter dem Cirrusbeutel am Grunde des Atriums und zieht nun parallel zum Cirrusbeutel und sonach senkrecht zur Proglottidenseite mit einem Lumen von 2—3 μ und ebenso dicken Wandungen, die äußerlich einen reichlichen Zellbelag aufweisen, direkt gegen die Medianebene, die sie jedoch nicht erreicht, da sie schon etwas vorher — nach einem von ihrer Mündung an etwa 0·2 *mm* langen Verlauf — nach einer kleinen Verengung in das bedeutend weitlumigere Receptaculum seminis übergeht. Dieses, mit Spermatozoen stets prall erfüllt, ist dünnwandig und von etwa walzenförmiger Gestalt; seine Länge beträgt etwa 115 μ, die anderen Dimensionen schwanken zwischen 30 und 45 μ. Es liegt nicht ganz parallel zur Breitenachse der Proglottis, da das der Vagina abgewendete Ende etwas weiter hinten liegt als das andere; gegen das innere Ende zu verjüngt sich das Receptaculum seminis etwas und geht dann in den Canalis seminalis über, der am Beginn einen Durchmesser von etwa 9 μ, bald darauf aber einen solchen von etwa 26 μ aufweist und den gleich strukturierten, kurzen Keimleiter aufnimmt, der einen geringeren Durchmesser besitzt und mit einer schluckapparatähnlichen Erweiterung an der Verbindungsbrücke der beiden Keimstockflügel entspringt; die vereinigten Gänge ziehen dann nach hinten.

Der Keimstock liegt hinter dem Receptaculum seminis und erstreckt sich fast über die ganze Breite der Markschicht, nämlich von den Exkretionsgefäßen der einen Seite bis zu denen der anderen; er besteht wie gewöhnlich aus zwei symmetrischen Flügeln, welche durch eine mediane, ventrale Brücke, die der Längsmuskulatur nahe liegt, miteinander in Verbindung stehen.

Die dicken Eischläuche, aus denen sich die einzelnen Flügel zusammensetzen, reichen von der ventralen bis zur dorsalen Markschichtgrenze.

Die ungefähren Maße des Keimstockes sind: longitudinal 0·16, transversal 0·25, dorso-ventral über 0·1 *mm*.

Der Dotterstock, der in der longitudinalen Richtung 0·06 *mm* und in der transversalen wie in der dorso-ventralen gegen 0·1 *mm* mißt, liegt median, hinter dem Keimstock; auch an ihm erscheint eine Teilung in zwei symmetrische Flügel angedeutet. Von seiner Mitte geht vorn der Dottergang ab, der knapp vor der Schalendrüse in den mit dem Canalis seminalis vereinten, nun ventro-dorsal ziehenden Keimleiter mündet.

Der Schalendrüsenkomplex liegt dorsal, zwischen den Keimstockflügeln, hinter der Vereinigungsstelle derselben und vor dem Dotterstock. Wie gewöhnlich besteht er auch hier aus einer großen Zahl von radiär um den betreffenden Teil der weiblichen Leitungsgänge und dicht aneinander gelegenen Zellen, von 20—30 μ Länge. Die Gestalt dieser Zellen ist gedrungen flaschenförmig; der Kern liegt nahe dem äußeren Ende. Das von den Schalendrüsenzellen umgebene Stück des Leitungsganges kann sowohl parallel zur Längs- wie auch parallel zur dorso-ventralen Achse der Proglottis liegen oder eine nach vorn gerichtete Mittellage zwischen den beiden genannten Richtungen einnehmen.

Der Uteringang, der bloß 7 μ Durchmesser hat, aber sehr dünnwandig ist, zieht zunächst ein kleines Stück nach vorn, steigt dann an die Ventralseite ab und geht hier, vor der Vereinigungsstelle der Keimstockflügel und hart an der ventralen Längsmuskelschicht (Fig. 13) in den Uterus über. Dieser erstreckt sich über die ganze transversale Ausdehnung der Markschicht, also von dem Nervenplexus der einen Seite bis zu dem

der anderen, und liegt anfänglich ventral von den übrigen Geschlechtsorganen und auch ventral von den ventralen Exkretionsstämmen (Fig. 13).

In der oben erwähnten einzelnen, der ältesten und größten der vorliegenden Proglottiden erstreckt sich der Uterus außerdem vom Vorderrand des Gliedes bis nahe ans Hinterende desselben und nimmt somit die ganze Ausdehnung des Flächenschnittes der Markschicht ein; doch weist er auch hier noch eine merklich ventrale Lage auf: denn wenn er auch stellenweise, namentlich in den hinteren Partien der Proglottis, die ganze dorso-ventrale Ausdehnung der Markschicht einnimmt, so läßt er im vorderen Teil der Proglottis die dorsalen Partien der Markschicht frei.

Keim- und Dotterstock sind in dieser Proglottis verschwunden, während Reste der Hodenbläschen noch vorhanden sind.

Die Genitalgänge sind dagegen größtenteils noch in ihrer ursprünglichen Gestalt erhalten, ebenso auch der Schalendrüsenkomplex.

Der Uterus (Fig. 13) besteht aus einer großen Anzahl verschieden gestalteter Hohlräume, die, ursprünglich wenigstens, alle miteinander kommunizieren. Die Grenzwände der einzelnen Höhlungen, in denen, ihrer wechselnden Größe entsprechend, eine wechselnde Zahl von Eiern sich findet, gegen das ziemlich dichte Parenchym der Markschicht sind bei der ältesten Proglottis noch weniger distinkt als bei jüngeren Gliedern, ja stellenweise scheint eine solche Grenze — d. h. eine vom Parenchym in histologischer Beziehung abweichende Hülle — überhaupt nicht vorhanden zu sein und dann sind die einzelnen Eier oft zum größeren Teil ins Parenchym eingesenkt, einzelne vielleicht ganz versenkt.

Die im Querschnitt kreisrunden Eier weisen in der ältesten Proglottis zwei Schalen auf; die innere liegt dem Ei eng an und ist außerdem sehr dünn und daher schlecht sichtbar, die äußere ist bedeutend größer als das Ei, ziemlich dick und relativ gut färbbar.

Die Länge der Eier selbst beträgt etwa 25 μ, die anderen Dimensionen 16 μ, die Länge der äußeren Eihülle 44 μ, die anderen Dimensionen derselben gegen 25 μ.

Trotz dieses jedenfalls ziemlich vorgeschrittenen Entwicklungsstadiums der Eier ist es möglich, daß dem Markparenchym noch eine Veränderung bevorsteht, und dies um so mehr, als sich in ihm stellenweise lebhaft sich tingierende, fasernähnliche Gewebezüge differenzieren, welche zu einem sehr weitmaschigen Netz zusammentreten.

Verzeichnis der zitierten Literatur.

1. Clerc W., Contribution à l'étude de la faune helmintholo-gique de l'Oural (Revue suisse de zool. T. 11, 1903).
2. Derselbe, Notes sur les cestodes d'oiseaux de l'Oural II (Centralbl. für Bakt. etc., I. Abt., XLII. Bd., 1906).
3. Cohn L., Zur Anatomie und Systematik der Vogelcestoden (Abh. d. kais. Leop.-Carol. Deutsch. Akad. der Naturforscher, Bd. LXXIX, Nr. 3, 1901).
4. Crety C., Cestodi della Coturnix communis Bonn. (Boll. dei Mus. di Zool. ed Anat. comp. della R. Università di Torino. Vol. V, Nr. 88, 1890).
5. Fuhrmann O., Die Anoplocephaliden der Vögel (Centralbl. f. Bakt. etc., I. Abt., XXXII. Bd., 1902).
6. Derselbe, Die Taenien der Raubvögel (Ebenda, I. Abt., XLI. Bd., 1906).
7. Derselbe, Die Systematik der Ordnung der Cyclophyllidea (Zool. Anz., Bd. XXXII, Nr. 9/10, 1907).
8. Klaptocz Bruno, Neue Phyllobothriden aus Notidanus (Hexanchus) griseus Gm. (Arbeit. d. zool. Institute Wien etc., T. XVI., Heft 3, 1906).
9. Morell Alexander, Anatomisch-histologische Studien an Vogeltaenien (Arch. f. Naturg., 61. Jahrg., 1895).
10. Stiles C. W., Notes sur les parasites. 14. Sur le Taenia expansa Rudolphi (Bull. de la Soc. zool. de France, 1892).
11. Stiles C. W. and Hassall A., A revision of the adult tapeworms of cattle, sheep and allied animals (U. S. Depart. of Agricult. Bureau of animal industry. Bull. Nr. 4, 1893).

12. Dieselben, Tapeworms of poultry (Ebenda. Bull. Nr. 12, 1896).
13. Volz Walter, Beitrag zur Kenntnis einiger Vogelcestoden (Arch. f. Naturg., 66. Jahrg., I. Bd., 1900).

Tafelerklärung.

Wiederkehrende Bezeichnungen.

A G = Atrium genitale.
C = Cirrus.
C B = Cirrusbeutel.
D = Dotterstock.
E d = dorsales Exkretionsgefäß.
E v = ventrales Exkretionsgefäß.
H = Hodenbläschen.
K = Keimstock.
K K = Kalkkörperchen.
Ku = Kutikula.
L M = Längsmuskulatur.
N = Nervenplexus.
Q E = Querkommissur der Exkretionsgefäße.
R s = Receptaculum seminis.
U = Uterus.
V = Vagina.
V d = Vas deferens.

Tafel 1.

Monopylidium infundibuliforme (Goeze) var. *polyorchis*, nov. var., Fig. 1 bis 4.

Fig. 1. Skolex nach der Natur, Rostellum = *R* und Genitalanlagen = *G A* nach einem Präparat eingezeichnet. Vergr. 130.

Fig. 2. Flächenschnitt durch eine Proglottis. Vergr. über 100.
S M = Schräge Längsmuskulatur im Hinterrand der Proglottis.

Fig. 3. Querschnitt durch eine Proglottis mit ausgestülptem Cirrus, trifft die Basis des letzteren. Vergr. 115.
H ä = die langen Härchen an der Basis des Cirrus.
A M = Muskulatur um das Atrium genitale, parallel zu dessen Achse.

Fig. 4. Flächenschnitt; Autokopulation. Vergr. 260.
R C B = Retraktoren des Cirrusbeutels.
Die übrigen Bezeichnungen wie bei Fig. 3.

Bertia delafondi (Railliet), Fig. 5 bis 7.

Fig. 5. Freie Proglottidengruppen. Vergr. 5.
Gruppe *a)* (15 Proglottiden) und *b)* (5 Proglottiden) von der Seite, Gruppe *c)* (6 Proglottiden) von der Fläche.

Fig. 6. Stück eines Flächenschnittes aus der Gegend der Proglottidengrenze. Die dunklen Punkte stellen die Querschnitte dorso-ventraler Muskeln dar. Vergr. 250.
I = Interproglottidalplatte.

Fig. 7. Sagittalschnitt durch die Grenze zweier Glieder, aus einer Gruppe losgelöster Proglottiden stammend. Vergr. zirka 26.
R I = Reste der Interproglottidalplatte.

Tafel 2.

Taenia globifera, Batsch, Fig. 8.

Fig. 8. Atrium genitale mit den angrenzenden Partien. Vergr. 330.
R M = Radialmuskulatur des Atriums.

Davainea werneri, nov. spec., Fig. 9 bis 12.

Fig. 9. Stück eines Querschnittes durch die Rindenschicht, um die Anordnung der Parenchymlängsmuskulatur zu zeigen; Subkutikularmuskulatur, Subkutikularschichte, Parenchym, Kalkkörperchen und dorso-ventrale Muskulatur ausgelassen. Vergr. 150.
T = Transversalmuskulatur.
Z = innere Zone.
Sch = äußere Schicht der Längsmuskulatur.

Fig. 10. Ventral,

Fig. 11. Nahe der dorso-ventralen Mitte geführter Flächenschnitt; Vergr. 60.

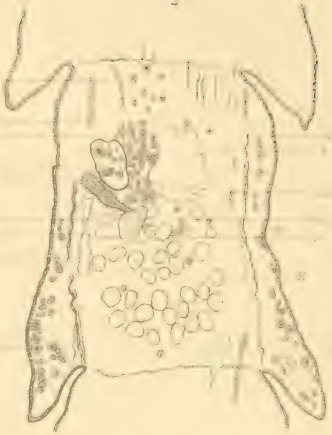
Fig. 12. Querschnitt durch eine mit Eikapseln *(Ei. K.)* erfüllte Proglottis. Vergr. 70.

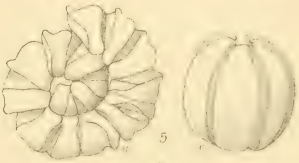
Taenia spec., Fig. 13 bis 14.

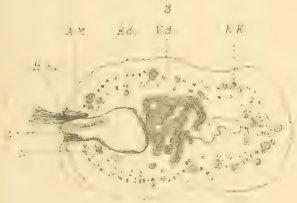
Fig. 13. Querschnitt durch eine Proglottis im ersten Stadium der Uterusbildung. Vergr. 130.
U G = Uteringang.

Fig. 14. Teil eines Flächenschnittes mit Cirrusbeutel und Vagina. Vergr. 115.

Fig. 15. Teil eines Flächenschnittes durch eine Proglottis mit vorgeschrittener Eiausbildung. Vergr. 115.
P = dichtes Parenchym.
E i = Ei.
E S = angeschnittene Eischale.

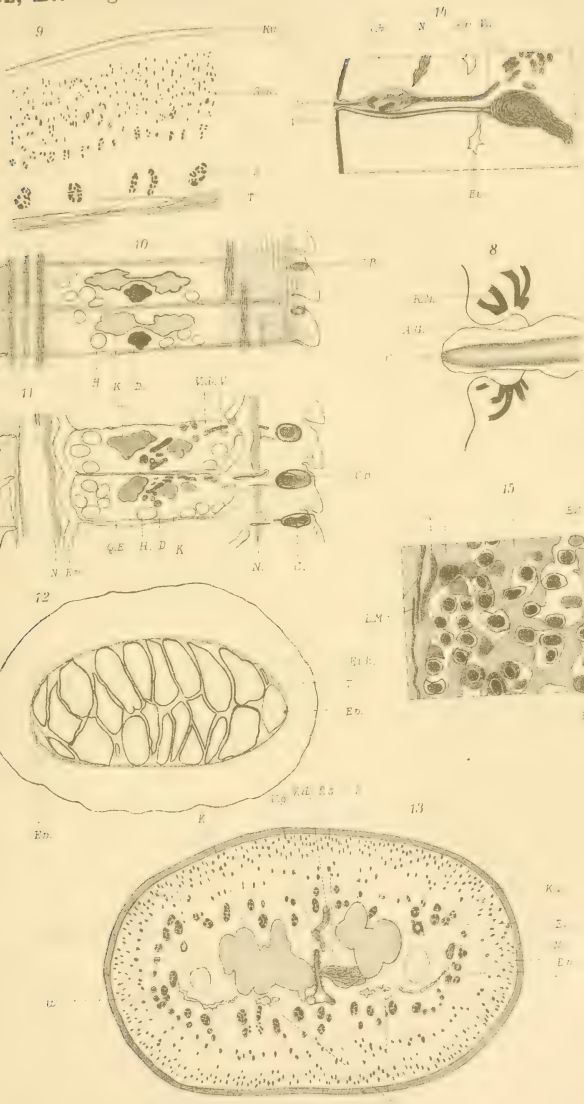






Autor del. Lith. u. Druck von Alb. Berger, Wien, VIII 2.

Klaptocz, B.: Vogelcestoden.



Lith. u. Druck von Alb. Berger, Wien, VIII

Autordel.

Über die Dissoziation der Silikatschmelzen

(II. Mitteilung)

von

C. Doelter,

k. M. k. Akad.

(Mit 11 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. April 1908.)

Es soll hier die Leitfähigkeit der Silikate sowohl im festen Zustande bei hohen Temperaturen als auch im geschmolzenen Zustande weiter untersucht und eine Verbesserung der früher angewandten Methode angestrebt, insbesondere soll aber die Polarisation besonders berücksichtigt werden.

Die Arbeit wurde im mineralogischen Institut der Universität Graz begonnen und dann in Wien fortgesetzt. Den Herren Dr. Rosič in Graz, Dr. Hess und Dr. Himmelbauer in Wien bin ich für ihre Beihilfe besonders zu Dank verpflichtet.

Bei den ersten Messungen waren größere Elektroden gebraucht worden, die aber nur 5, respektive 11 *mm* Distanz hatten. Es zeigt sich nun, daß bei dieser Methode das Minimum, wie seinerzeit erwähnt, nicht sehr scharf ist und daher eine Änderung am Platze war. Aus den bisher bekannten Arbeiten geht hervor, daß bei geschmolzenen Salzen eine größere Distanz der Elektroden und eine Flüssigkeitssäule von geringem Durchschnitte zur größeren Genauigkeit nötig ist. Arndt hat daher ein U-Rohr angewendet, um die Flüssigkeitssäule zu vermehren. Lorenz und Kalmus[1] sind der

[1] Z. f. physik. Chemie, 1907, *59*, 17.

Ansicht, daß genaue Messungen bei den von ihnen untersuchten Salzen wenigstens nur mit einer längeren Flüssigkeitssäule von kapillarem Querschnitte zu erzielen sei. Es ist aber zu berücksichtigen, daß nicht alles, was für jene Salze, auch für Silikatschmelzen gilt; letztere haben infolge ihrer großen Viskosität kein so großes Leitvermögen und zeigen viel größere Widerstände als erstere. Ferner wurde schon in der ersten Mitteilung hervorgehoben, daß wegen der Viskosität der Silikatschmelzen Kapillargefäße behufs Bestimmung der Leitfähigkeit nicht anwendbar sind.

Fig. 1.

Um jedoch eine größere Genauigkeit zu erzielen, war es angebracht, die Länge der Flüssigkeitskolonne gegen die der ersten Versuche zu vergrößern, um größere Widerstände zu erzielen, doch war deren Länge durch die Höhe des Widerstandes eine Grenze gezogen, da eine weitere Vergrößerung enorme Widerstände ergeben würde. Dann ist auch zu berücksichtigen, daß das Untersuchungsmaterial nicht in beliebigen Mengen zur Verfügung stand.

Um nun die Genauigkeit nach Möglichkeit zu vermehren und um andrerseits durch Anwendung von Flüssigkeitssäulen von zu geringem Querschnitt nicht neue Fehlerquellen zu erzeugen, wurde nach verschiedenen Versuchen ein Querschnitt von 1 cm^2 und eine Länge von 24 bis 25 mm adoptiert. Das Gefäß zur Bestimmung der Leitfähigkeit ist ein kleiner Trog von parallelepipedischer Gestalt (Fig. 1). Als Material wurde die frühere bewährte Mischung von Kaolin und Quarz angewandt, welche von der Schmelze nicht angegriffen wird.

Die Elektroden waren wie früher in dem Trog in der Masse eingebettet und vollkommen mit dieser verbunden; sie waren wie bei früheren Versuchen nicht an den Enden des Versuchsgefäßes befestigt, sondern in der Art, daß die Flüssig-

keitssäule noch über die Elektroden hinausragt, damit diese ähnlich wie bei Lösungen ganz in ihr eintauchen.

Was nun die festen Stoffe anbelangt, so zeigte sich, daß die Leitfähigkeit krystallisierter Phasen in den untersuchten Fällen erst bei zirka 500° meßbar wird; infolge größerer Entfernung der Elektroden ist unter dieser Temperatur der Widerstand so groß, daß er 1,000.000 Ω zustrebt.

Bei niederen Temperaturen unter 1000° ist bei krystallisierten Körpern auch der Widerstand des Gefäßes nicht ganz zu vernachlässigen, da jedenfalls dieser zur Erhöhung des gemessenen Widerstandes beiträgt, sonach dieser um eine Kleinigkeit zu hoch ist.

Die Bestimmung des spezifischen Widerstandes, respektive der Leitfähigkeit erfolgte hier nicht durch Vergleich mit kalibrierten Gefäßen und bekannten Lösungen, sondern aus der Berechnung eines Parallelepipeds von 24 *mm* Länge (respektive in einem Falle 25 *mm*) und 1 cm^2 Querschnitt; wir haben hier

$$\omega = w\frac{10}{24}.$$

Aus dem Diagramm folgt, daß im festen Zustande die Kurven nahezu gerade Linien sind, daß aber beim Übergange vom festen Zustand in den flüssigen eine zweite gerade Linie entsteht.

Die Versuche mit Wechselstrom sind ziemlich genau, doch wird man niemals volle Übereinstimmung bei zwei Versuchen finden, weil die Unterschiede für verschiedene Temperaturen so enorme sind (namentlich im Festen) und weil, da das Thermoelement nicht in die Schmelze eintauchen darf, niemals genau dieselben Temperaturen gemessen werden.

Versuche mit Gleichstrom.

Es wurden auch Versuche mit Gleichstrom ausgeführt, wobei als Stromquelle zwei Akkumulatoren benützt wurden und in den Stromkreis eine Meßbrücke sowie ein Galvanometer eingeschaltet wurde.

Die Anordnung siehe auf Fig. 2.

Diese Versuche mit Gleichstrom sind von untergeordneter Bedeutung; sie stimmen niemals ganz mit denen mit Wechselstrom überein, was auch bei den Versuchen von Mönch der Fall war. (Zur Ausschaltung des Thermostromes wurde auch der von Kučera verbesserte Calendar-Griffith'sche Doppelschlüssel eingeschaltet.)

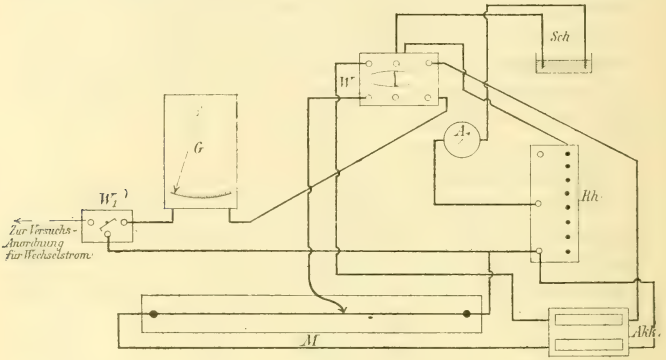


Fig. 2.

G	Galvanoskop
W_1	Stromwippe
W	Stromwippe mit sechs Näpfen
Sch	Schmelze im elektrischen Ofen
A	Ampèremeter
Akk.	Akkumulatoren
M	Meßbrücke mit Schleifkontakt

Verhältnismäßig gute Übereinstimmung der beiden Methoden, Gleichstrom und Wechselstrom, ergab sich bei Augit (siehe p. 306).

Polarisation.

Von großer Wichtigkeit war es, zu konstatieren, ob ein Polarisationsstrom nur im flüssigen oder auch im festen Zustand eintritt. Die Versuche waren meistens mehr qualitativer Natur, doch wurden auch Messungen vorgenommen. Es mußte die Schmelze geladen werden und dann die Entladung beobachtet werden; hierbei verursachen, wenn die Schmelze flüssig ist, starke Ströme Elektrolyse.

Bei den ersten Versuchen wurde ein sehr schwacher Strom durch die Schmelze geschickt und dann der Abfall beobachtet; ausnahmsweise wurden später auch Versuche mit Anwendung von stärkeren Strömen ausgeführt (bis 24 Volt). Doch kann hierbei Elektrolyse eintreten, wodurch dann weitere Widerstandsmessungen unmöglich werden. (Diese Versuche erfolgten zuerst mit der auf Fig. 2 gegebenen Anordnung.)

Im Verlaufe der Arbeiten wurde eine etwas veränderte Versuchsanordnung getroffen, nach welcher sowohl Beobachtungen mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom möglich waren und auch der Polarisationsstrom gemessen werden konnte. Die Messung mit Wechselstrom erfolgt wie früher nach der gewöhnlichen Anordnung. Als Gleichstromquelle dient auch hier ein Akkumulator; derselbe ist mit einer Meßbrücke (ein 1 *m* langer, horizontal liegender, kalibrierter Meßdraht), einem Kučera'schen Schlüssel, welcher den Thermostrom eliminieren soll, und mit den Elektroden in der Schmelze verbunden, während im Nebenschluß ein d'Arsonval-Spiegelgalvanometer mit dem zugehörigen Widerstand sich befindet. Für die Polarisation wurde als Stromquelle entweder ein Akkumulator verwendet oder für stärkere Ströme der Straßenstrom.

Um die Polarisation bei dieser Versuchsanordnung zu messen, wurde ein Strom von $^5/_{1000}$ bis $^1/_2$ Ampere während 5 bis 15 Minuten durch die Schmelze geschickt; dann wird der Hauptstrom ausgeschaltet, mit dem d'Arsonval-Spiegelgalvanometer die Verbindung hergestellt und der Abfall beobachtet. Dabei ist ein Thermostrom nicht zu vermeiden; derselbe ergibt sich aber aus der Konstanz des Galvanometerausschlages. Bei der Polarisationsbeobachtung wurde der Strom umgekehrt.

Ein Polarisationsstrom scheint bei Silikaten in krystallisierten Pulvern und Krystallen zu fehlen, wenn kein Glas vorliegt. Wo man es mit Silikatgläsern zu tun hat, ist jedoch Elektrolyse wohl auch im starren Zustande möglich, da Polarisation vorhanden ist.[1] Man kann es daher für wahrscheinlich

[1] Vergl. Warburg, Pogg. Ann., *21*, 687, 1884.

erachten, daß im krystallisierten Zustande außer bei hoher Temperatur keine elektrolytische Leitfähigkeit auftritt.

Nur bei sehr hohen Temperaturen in der Nähe des Schmelzpunktes tritt im Festen Polarisation auf, aber der Polarisationsstrom ist meist gering.

Zur Untersuchung gelangten Augit, Diopside, Albit, Labradorit.

Augit.

Die chemische Zusammensetzung dieses Augits ist dieselbe, die in der ersten Mitteilung angegeben wurde, da dasselbe Material angewandt wurde, nämlich das Vorkommen von Monte Rossi. Es wurden vier Versuche ausgeführt, doch stets mit demselben Pulver; bei Versuch I wurde mit losem, wenn auch gepreßtem Pulver begonnen und dann das geschmolzene Silikat langsam zur Erstarrung gebracht, damit es krystallinisch erstarre. Bei den weiteren Versuchen wurde die krystalline Masse wieder geschmolzen und ebenfalls langsam zur Erstarrung gebracht.

Der erste Versuch wurde mit Pulver ausgeführt; die Zahlen haben wenig Interesse und führe ich sie daher nicht an; es wurde dann möglichst langsam abgekühlt, um eine krystallinische Masse zu erhalten, die dann neuerdings untersucht wurde. Die Zahlen bei der Abkühlung sind folgende:

Zeit	Temperatur	Widerstand in Ω	
3h 45m	1210°	400	
4	1200	1159	
4 15	1200	1164	
4 20	1185	3878	
4 25	1170	4818	
4 30	1150	6579	
4 35	1140	7928	
4 40	1130	9526	
4 45	1110	10173	Schmelze erstarrt
4 59	1070	13202	
5 5	1040	14390	
5 10	980	22051	

Augit. 2. Versuch.

Zeit	Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
10h 10m	1080°	5134·5	Sehr undeutliches Minimum
10 45	1130	4555·6	
11	1155	2984·1	
11 15	1180	2076	
11 25	1190	1500	
11 35	1195	1173·9	
11 40	1205	709	Minimum ziemlich deutlich
11 45	1210	597	
11 55	1225	334	
12	1230	216·4	
12 5	1235	176	
12 10	1240	157·9	
12 15	1245	129·6	Minimum deutlich
Abkühlung			
12h 18m	1230	207	
12 25	1220	434·7	
12 28	1210	614·7	
12 32	1190	1334	
12 35	1175	1865	
12 38	1155	2344	Minimum wieder unscharf
12 44	1144	3081	
12 50	1130	3366	
12 55	1115		
1	1100	3763	
1 5	1080	4204	

Bei der Abkühlung ergaben sich etwas niedrigere Zahlen für die erstarrte Schmelze, was auf kleine Mengen von Glas und überhaupt auf verschiedene Unterkühlung deutet.

Was die spezifischen Widerstände anbelangt, so stimmen sie im ganzen gut mit den früheren Messungen überein, wenn man berücksichtigt, daß bei geringen Temperaturschwankungen von 10 bis 20° sich Widerstände ergeben, die weit über Hunderte von Ohm differieren können.

Bei 1245° z. B. ergibt sich nach den neuen Messungen 0·0199, nach früheren[1] 0·020. Bei anderen Temperaturen ist aus den angeführten Gründen die Übereinstimmung geringer; im festen Zustande bei niederen Temperaturen tritt auch Übereinstimmung selten ein.

Dann wurde ein dritter Versuch zum Vergleiche des Wechselstromes mit Gleichstrom ausgeführt und hiebei auch die Polarisation untersucht. Die Anordnung zur Untersuchung mit Gleichstrom wurde bereits beschrieben.

Temperatur	Messung mit Wechselstrom Widerstand in Ohm	Messung mit Gleichstrom Widerstand in Ohm
1205°	587	482
1215	384	397
1220	350	357
1225	314	329

Die Untersuchung mit Gleichstrom gibt sonst unsicherere Resultate als die mit Wechselstrom, doch sind bei hohen Temperaturen die Unterschiede nicht einmal sehr große.

Polarisation. Die Versuche waren hier nur qualitativer Natur und wurde eine Berechnung der Stromstärke nicht vorgenommen.

Es wurden hier nacheinander verschiedene, ziemlich starke Ströme von 2 bis 24 Volt durch je 2 Minuten hindurchgeschickt, entladen und der Galvanometerausschlag beobachtet. Vor allem zeigte sich, daß bis 1180° überhaupt kein Polarisationsstrom merklich war; erst über dieser Temperatur ist er wahrnehmbar und im flüssigen Zustande der Schmelze bei 1250° ist er sogar sehr bedeutend.

Von den zahlreichen Versuchen erwähne ich einen bei 1245°, also in der schon flüssigen Schmelze ausgeführten. In

[1] 1. Mitteilung, l. c., p. 56.

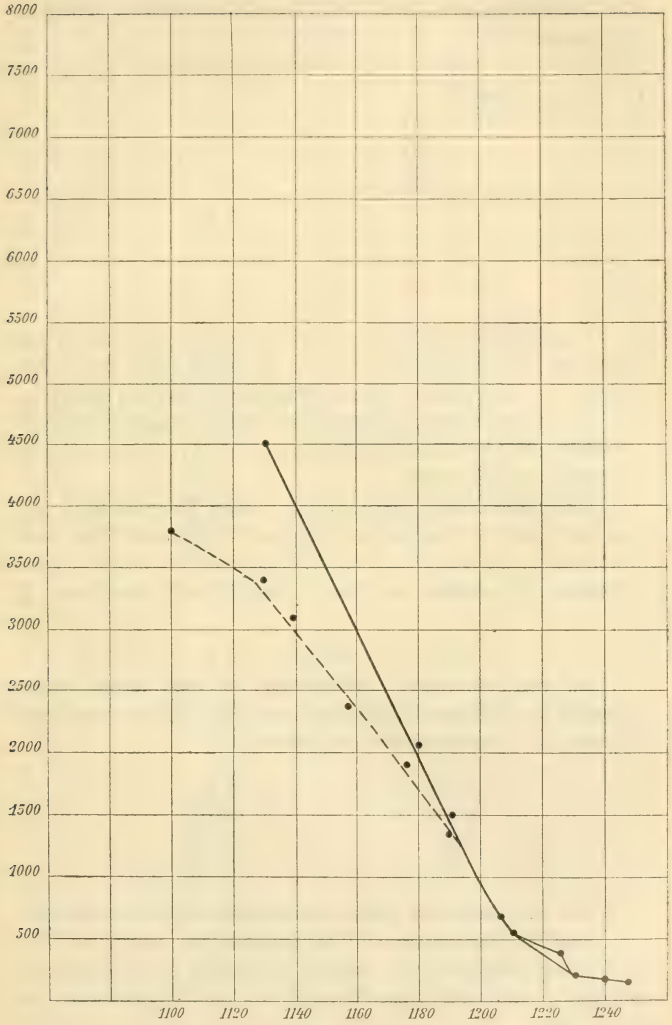

8000
7500
7000
6500
6000
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
1100
1120
1140
1160
1180
1200
1220
1240

Fig. 3.

der Tabelle ist der Abfall des Stromes während 7 Minuten angegeben.

Zeit	Ausschlag in Milliampere
Nach 1^m	15
» 1 0^s	14
» 1 30	11
» 1 45	10·5
» 2	9
» 3	8
» 4	6
» 7	4

Demnach tritt bei Augit ein Polarisationsstrom nur in der Nähe des Schmelzpunktes auf, der bei zirka 1200° liegt; der Beginn des Schmelzens liegt aber niedriger und das Auftreten des Polarisationsstromes dürfte mit diesem zusammenfallen. Allerdings war bei der Abkühlung noch bei 1145° ein geringer Ausschlag wahrnehmbar.

Das undeutliche Minimum bei tiefen Temperaturen bei Gebrauch des Wechselstromes ist also nicht durch das Auftreten eines Polarisationsstromes bedingt, da ein solcher nicht vorhanden ist, sondern es ist auf Kapazität zurückzuführen.

Albit.

Zu den Versuchen verwendete ich sehr reine weiße Krystalle von Striegau, welche nach einer Analyse von Beutell[1] VI) folgende Zusammensetzung haben:

SiO_2	69·51
Al_2O_3	19·97
Na_2O	11·50
CaO	0·50

Der Schmelzpunkt dieses Silikats läßt sich, da bei Albit ein scharfer Schmelzpunkt nicht existiert, nur durch den Beginn des Schmelzens und den Punkt fixieren, bei welchem die krystallisierte Phase in eine amorphe Phase übergegangen ist.

[1] Nach Beutell, siehe Hintze, Handbuch der Mineralogie, p. 1470.

Zeit	Temperatur	Widerstand	Anmerkung
4h 10m	1120°	11277	Minimum ziemlich scharf
4 20	1140	4084	
4 30	1160	1694	
4 40	1185	231	Minimum weniger scharf
5 5	1190	129·9	
5 15	1200	100	Minimum ganz unscharf
5 25	1215	72·7	
5 45	1240	54·3	
5 55	1250	51·5	Minimum schärfer
6	1215—20	51	» »
6 15	1200	54·5	
6 20	1180	56	
6 25	1145	68·3	Minimum wenig deutlich
6 30	1160	77·3	
6 35	1040	103·6	Sehr undeutliches Minimum
6 40	1000	112·7	» » »
6 45	940	160·4	» » »

Die Krystalle waren sehr rein und wurden vor der Untersuchung geprüft. Zur Untersuchung auf Polarisation eignen sich jedoch die Krystalle des Albits nicht, da Albit aus Schmelzfluß nicht im krystallisierten Zustande, sondern im glasigen Zustand erstarrt. Zuerst wurde Pulver in den kleinen Trog gepreßt und beziehen sich die Zahlen bis 1120° auf dieses Pulver (die Angaben sind der Ungenauigkeit der Messungen halber überflüssig), dann backt sich das Pulver zusammen und der Schmelzprozeß beginnt; die Widerstände sind dann schon verhältnismäßig geringere. Bis 1160° hat man es mit einer noch festen, d. h. starren, aber bereits amorphen Substanz zu tun, daher der Widerstand schon sehr abnimmt; bei 1200° ist die Schmelze schon etwas flüssig und beim langsamen Erstarren wird sie erst unter zirka 1000° starr, verbleibt aber glasig, daher die kleinen Widerstände. Es verhält sich Albit

hier wie Orthoklas[1] in meiner ersten Mitteilung. Zu beachten ist, daß der Albit eines der Silikate von größter Leitfähigkeit

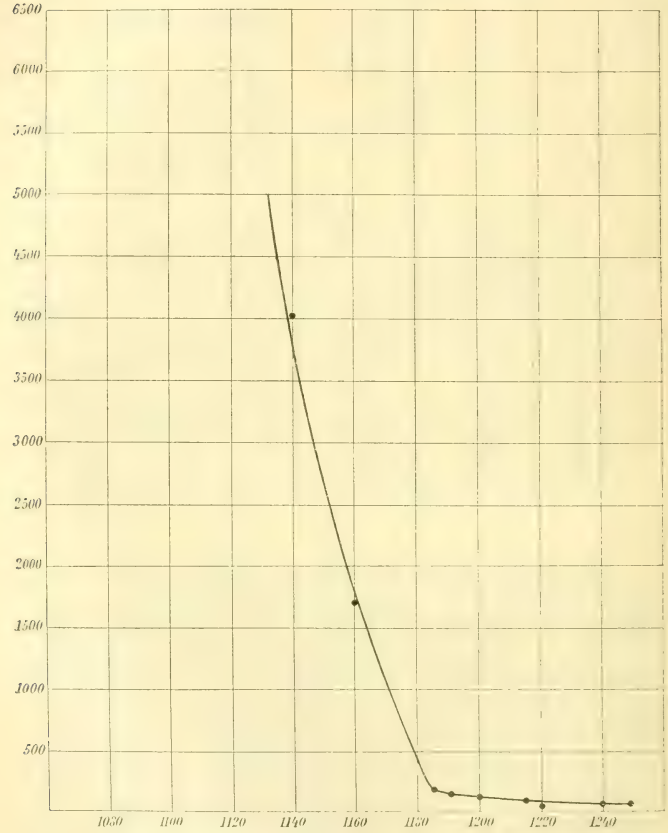


Fig. 4.

und welches jedenfalls am meisten im flüssigen Zustande dissoziiert ist. Daß hier bei dem Wiedererhitzen des Glases

[1] L. c., p. 22.

ein deutlicher Polarisationsstrom schon bei 900° konstatiert wurde, ist erklärlich. Bei 1100° war er noch intensiver. Als ein stärkerer Strom (Straßenstrom) von mehreren Ampere durchgeschickt wurde, trat Elektrolyse ein und durch das an der Kathode sich ausscheidende Aluminium wurde das Platin angegriffen.

Albit gehört jedenfalls zu den Silikaten, die sich am leichtesten im Schmelzfluß elektrolysieren lassen.

In der beiliegenden Tabelle sind die Zahlen angeführt Infolge der Polarisation sind hier die Minima sehr wenig scharf.

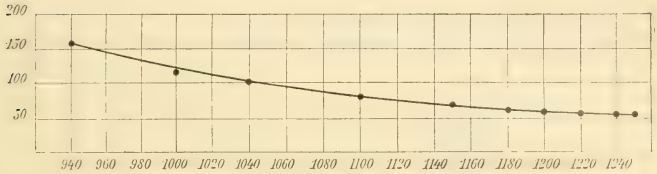


Fig. 5.

Schon bei 1120° ist der Widerstand verhältnismäßig gering, offenbar infolge von Sinterung bei dieser Temperatur, bei welcher bereits Schmelzanfang zu beobachten ist.

Bei 1160° ist der Schmelzprozeß schon fortgeschritten und bei 1200° haben wir schon sehr geringe Widerstände. Jedenfalls geht aber aus dem Vergleiche mit Labradorit und Diopsid hervor, daß der Dissoziationsgrad ein größerer sein muß als bei jenen Silikaten, da trotz größerer innerer Reibung des Albits im Vergleich zu jenen Stoffen die Leitfähigkeit größer ist.

Bei der Abkühlung ergibt sich dieselbe Erscheinung wie bei der Abkühlung des Orthoklases,[1] nämlich eine sehr langsame Steigung des Widerstandes, welche nahezu geradlinig erfolgt; erst bei sehr geringen Temperaturen erfolgt eine allmähliche Aufrichtung der Kurve.

[1] C. Doelter, Sitz. Ber. CXVI, Juliheft 1907.

Der spezifische Widerstand ist bei 1250° gleich 0·047, ist also der höchste bei Silikaten beobachtete; ihm am nächsten

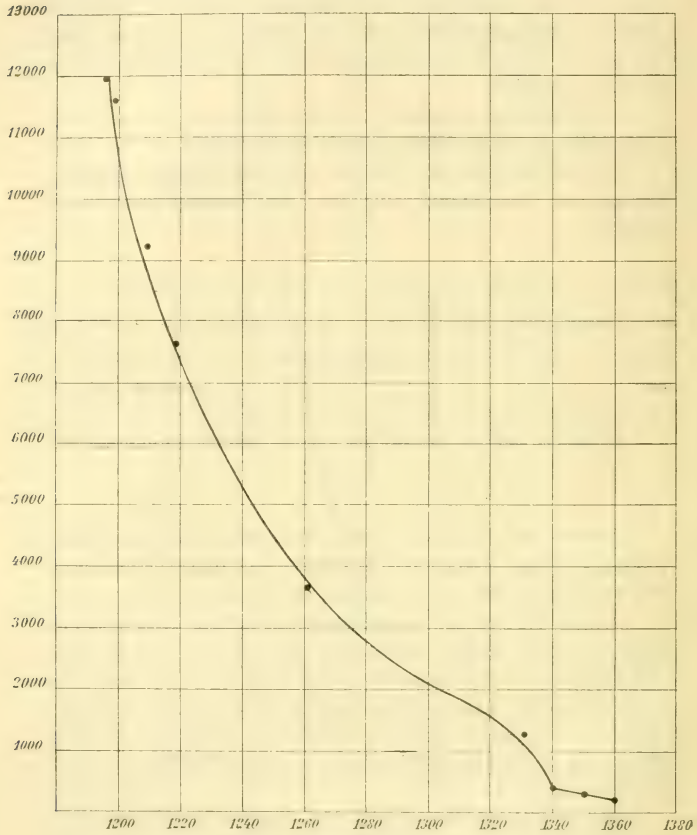


Fig. 6. Labradorit.

kommt Augit. Bei 1200°, bei welcher Temperatur der Albit bereits zähflüssig ist, ist der spezifische Widerstand ebenfalls schon sehr beträchtlich, nämlich 0·022, also viel größer als bei allen anderen Silikaten.

Vielleicht hängt mit dem hohen Dissoziationsgrade des Albits auch sein Verhalten beim Erkalten seiner Schmelze zusammen, nämlich, daß er hierbei nicht krystallisiert, sondern im amorph-glasigen Zustande verharrt.

Labradorit.

Das früher untersuchte[1] Silikat wurde nochmals untersucht. Beim ersten Versuche mußte, wie nicht zu vermeiden, gepreßtes Pulver angewendet werden, daher sich bis zum Zusammenbacken bei zirka 1220 bis 1250° hohe Widerstandszahlen ergaben. Bei der Abkühlung war keine ganz krystalline Masse zu erzielen.

Ein zweiter Versuch, bei welchem das ungefähr auf 1290° beim ersten Versuch erhitzte Pulver nochmals erhitzt wurde, ergab folgende Zahlen:

Labradorit, 2. Versuch (Fig. 6).

Zeit	Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
4h 5m	1190°	15510	
4 15	1195	11978	
4 20	1200	11645	
4 30	1210	9193	
4 40	1220	7594	
4 45	1260	3661	
5	1330	1300	
5 10	1340	416	
5 15	1350	302	
5 20	1360	150	
5 30	1350	176	
5 35	1315	510	
5 40	1290	1136	
5 45	1280	1604	
5 50	1270	2289	
5 55	1245	2773	
6	1210	4618	
6 5	1185	7000	

[1] Diese Sitzungsber., Bd. 116, Abt. I, 1907.

Labradorit, 3. Versuch.

Hier wurde dasselbe Präparat, welches bei dem zweiten Versuche gedient hatte, nochmals verwendet.

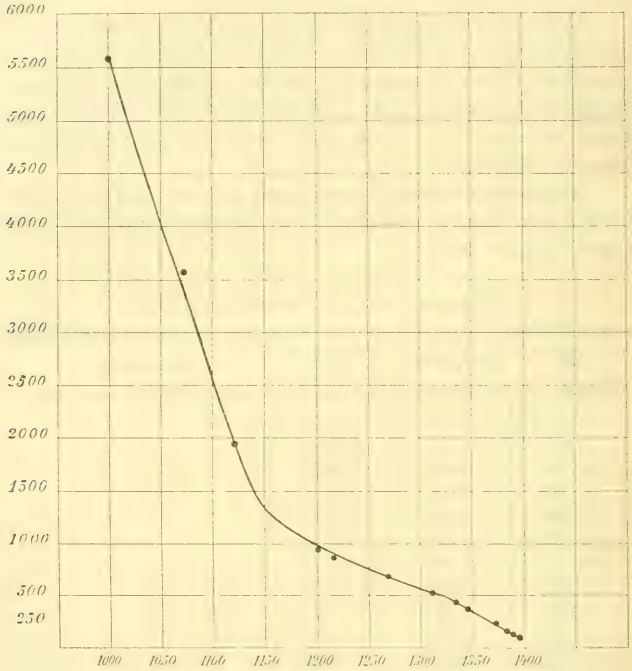


Fig. 7.

Da bei dem ersten Versuche kein ganz krystallines Produkt, sondern ein etwas Glas enthaltendes erhalten worden war, sind die beim Erhitzen erhaltenen Zahlen niedriger als bei Versuch 2. Sie geben genau übereinstimmend die Zahlen an, welche für die Schmelze maßgebend sind, also die Leitfähigkeit der Schmelze.

Es muß bemerkt werden, daß die Messungen im festen Zustande niemals beim Abkühlen übereinstimmen und oft merkliche Differenzen sich ergeben; es kann dies abhängen von verschiedenen kleinen Mengen von Glas sowie auch von der Korngröße der abgekühlten Schmelze. Allerdings ist auch im festen Zustande die Methode weniger genau und kleine Temperaturdifferenzen geben große Widerstandsunterschiede.

Temperatur	Widerstand	Anmerkung
400°	240000	
610	151290	
847	18571	
890	9379	
954	8115	
1000	5698	Minimum ziemlich scharf
1068	3605	
1120	1862	
1200	950	
1210	912	
1270	694	
1310	567	Das Präparat ist zähflüssig
1340	400	
1350	351	
1360	317	
1370	220	
1380	152	
1380	132	
1380	125	
1385	106	
1389	99	

Polarisation.

Beim ersten Versuch ergab sich erst bei 1280° ein Ausschlag des Galvanometers, als Gleichstrom von 2 Ampere

durch die Schmelze geschickt worden war; bei 1350° war der Ausschlag sehr beträchtlich und also bei dieser Temperatur ein starker Polarisationsstrom vorhanden; beim Erstarren zeigte sich noch bei 1280° ein unbedeutender Ausschlag, später bei noch niedrigeren Temperaturen hört er auf.

Bei Versuch 2, welcher aus der Umschmelzung des bei Versuch 1 gebrauchten Materials erhalten worden war, trat der Polarisationsstrom schon bei einer Temperatur von 1270° auf; doch ließ sich der Thermostrom nicht eliminieren, so daß der erhaltene Wert von $v = 0{\cdot}20$ Millivolt sich zum Teil auch auf den Thermostrom bezieht. Einen verhältnismäßig hohen Wert erreicht der Polarisationsstrom erst zwischen 1335 bis 1365°, wo er für i zwischen 0·33 bis 0·50 Milliampere schwankt, bei einem durchgeleiteten Strome von $^2/_{100}$ bis $^4/_{100}$ Ampere, welcher durch die Schmelze durchgeschickt war.

Bei einem eigens zum Zwecke der Bestimmung des Polarisationsstromes unternommenen weiteren (vierten) Versuch ergab sich folgendes:

Bei 1265° war der Ausschlag kaum merklich bei einem Strome von $^5/_{1000}$ Ampere; der Widerstand war vorher mit Wechselstrom gemessen worden und ergab 217·8 Ω.

Bei 1280° war der Widerstand 184·5 Ω. Es wurde durch 11 Minuten ein Gleichstrom von $^3/_{1000}$ Ampere hindurchgeschickt; die Zahlen des Galvanometers sind nach dem Entladen:

Nach	0	Minuten	$\alpha = 15$
»	2	»	$\alpha = 5$
»	4	»	$\alpha = 1{\cdot}5$
»	5	»	$\alpha = 1{\cdot}4$

Die Berechnung von Dr. Hess ergab:

Nach	0	Minuten	$v = 0{\cdot}122$	Millivolt, $i = 0{\cdot}66$ Milliampere
»	2	»	$i = 0{\cdot}22$	Milliampere
»	4	»	$i = 0{\cdot}070$	»
»	5	»	$i = 0{\cdot}015$	»

Bei 1303° war der Widerstand 164 Ω, $V = 0{\cdot}23$ Millivolt.

Nach	0	Minuten	$i = 1{\cdot}4 \times 10^{-3}$	Ampere
»	1	»	$i = 0{\cdot}75 \times 10^{-3}$	»
»	2	»	$i = 0{\cdot}468 \times 10^{-3}$	»
»	3	»	$i = 0{\cdot}30 \times 10^{-3}$	»
»	4	»	$i = 0{\cdot}19 \times 10^{-3}$	»
»	5	»	$i = 0{\cdot}13 \times 10^{-3}$	»
»	6	»	$i = 0{\cdot}09 \times 10^{-3}$	»

Endlich wurde bei Abkühlung noch bei 1100° eine Messung vorgenommen, jedoch sind die Zahlen hier unverläßlich, da der erhaltene Widerstand von 495 Ω nicht mehr genau, die Abkühlung zu schnell und auch die Temperatur während des Versuches noch gesunken war. Die Zahlen sind daher ungenau; jedenfalls ist die Polarisation geringer, wenn auch noch merklich. Die erkaltete Schmelze war sehr kompakt und zum größten Teil krystallinisch, doch war keine rein krystallinische Masse vorhanden, sondern auch etwas Glas zwischen den Kryställchen. Es läßt sich nicht mit Sicherheit behaupten, ob dieses Glas bei 1100° noch nicht erstarrt war; es ist möglich, daß der Polarisationsstrom von dieser unterkühlten Flüssigkeit herrührt.

Heller Diopsid.

Es wurden Versuche mit zwei Arten von Diopsid ausgeführt; erstens mit einem lichten, sehr eisenarmen Krystall vom Rothenkopf (Zillertal) ausgeführt, dessen Schmelzpunkt früher von mir bestimmt worden war. Die Farbe, welche nur einen leisen Stich ins Grünliche zeigt, deutet darauf hin, daß nahezu das reine Silikat $CaMgSi_2O_6$ vorliegt, soweit Reinheit bei Mineralien überhaupt denkbar ist.[1]

Der Schmelzpunkt dieses Diopsids liegt zwischen 1330 und 1350°.

---

[1] Siehe dessen Analyse in C. Doelter, Über Diopsid, Tschermak's Min. Mitt., N. F., Bd. I, 1879.

Der erste Versuch war mit Pulver, das ziemlich fest gepreßt war, angestellt. Bei zirka 1280 bis 1300° trat Sinterung

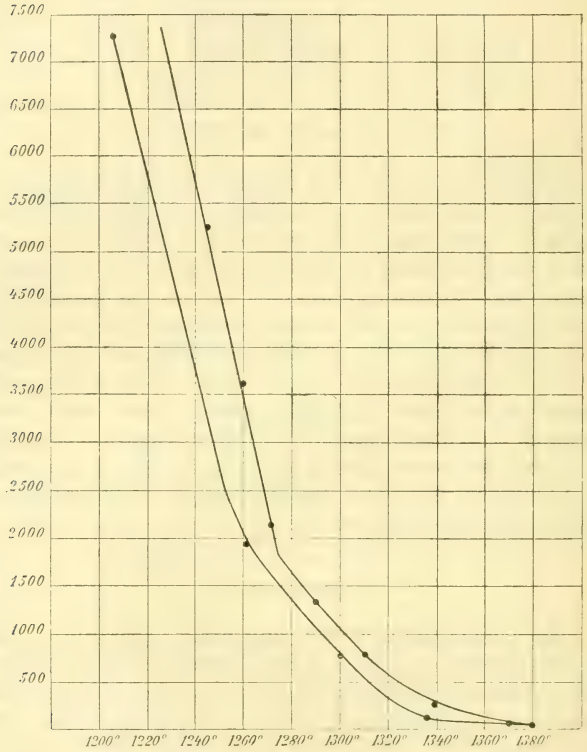


Fig. 8.

ein, daher eine stärkere Herabminderung des Widerstandes von 9230 bis 3440 Ω. Bei 1340° ist offenbar eine flüssige Schmelze vorhanden; es wurde langsam abgekühlt und eine fast ausschließlich krystalline Schmelze erhalten. Die erhaltenen

Zahlen, welche sich auf diesen zweiten Versuch beziehen, sind natürlich genauer, da sie sich auf eine krystalline, kompakte Schmelze beziehen.

Diopsid, 2. Versuch (Fig. 8).

Temperatur	Widerstand	Anmerkung
700°	480000	
1185	9802	
1210	9000	
1245	5290	
1260	3661	
1270	2154	
1290	1369	
1310	760	
1340	265	
1370	61	
1350	62·6	
1335	153	
1320	387	
1300	762	
1280	1272	
1260	1941	
1220	4350	
1205	7301	

Was den spezifischen Widerstand, respektive die Leitfähigkeit anbelangt, so ist im flüssigen Zustand in der Nähe des Schmelzpunktes, also bei 1366°, die spezifische Leitfähigkeit 0·039, also ebenso groß als bei Labradorit, kleiner jedoch wie bei Augit und Albit, bei 1340° aber nur 0·009. Dadurch ist erwiesen, daß auch Diopsid in der Schmelze nicht nur aus unzersetzten Molekülen besteht, wie Vogt a priori behauptet hatte.

Was die Polarisation dieses Diopsids anbelangt, so war beim Durchschicken eines Stromes von $^{7}/_{1000}$ Ampere bei 1230° im festen Zustande der Ausschlag des Galvanometers so gering, daß man die Polarisation fast Null setzen kann, wenn man bedenkt, daß dieser Ausschlag noch durch den Thermostrom bedingt ist, und tatsächlich läßt sich feststellen, daß der Ausschlag auch bei Stromwendung derselbe bleibt, daher kein Polarisationsstrom ist.

Bis 1250° ist überhaupt der Ausschlag des Galvanometers erst merklich, bei 1200° ist er Null. Erst im halb flüssigen Zustande bei 1300° ist er größer und bei 1325° ist er schon bedeutend, um bis 1350° anzuwachsen. Bei der Abkühlung trat offenbar Unterkühlung ein, denn der Polarisationsstrom war hier bis 1200° merklich. Bei Wiederholung mit demselben Präparat war er sogar bis 1180° noch bemerkbar.

Dunkler eisenhaltiger Diopsid II.

Zu dieser Versuchsreihe wurde ein Diopsid vom Zillertale gewählt, der bedeutend eisenreicher war, also auch etwas niedriger schmilzt als der früher untersuchte. Seine Zusammensetzung ist nach einer Analyse von mir:[1]

Kieselsäure	54·23
Eisenoxyd	0·89
Eisenoxydul	3·09
Calciumoxyd	24·69
Magnesiumoxyd	16·38
Aluminiumoxyd	1·22

Dieses Material hat wegen seines etwas größeren Eisengehaltes einen um zirka 20° niedereren Schmelzpunkt. Die Zahlen bis 1280° beziehen sich auf Pulver, dann auf die gesinterte Masse; bei 1330° tritt Schmelzen ein.

---

[1] Tschermak's Mineral. Mitt., Neue Folge, Bd. I, 1879.

Temperatur	Widerstand	Anmerkung
1020°	97875	
1100	48997	Sehr undeutliches Tonminimum
1175	28726	
1200	28023	
1220	21486	
1260	14869	
1280	12533	
1290	11142	
1300	3686	
1310	1983	
1325	99·1	
1300	137·2	
1280		
1260	548	
1230	1036	
1280	2376	
1180	2571	
1100	9084	

Polarisation.

Es wurden nur schwache Ströme angewandt, da bei Anwendung von stärkeren Strömen Elektrolyse wenigstens im Schmelzfluß eintritt, wodurch dann der Zustand der Schmelze dauernd verändert wird.

Bei 900° wurde durch 10 Minuten ein Strom von $0{\cdot}2\times10^{-3}$ Ampere in die Schmelze geschickt; es trat keine Polarisation auf. Bei 1110° wurde ebenfalls kein Polarisationsstrom beobachtet.

Bei 1210° wurde durch 5 Minuten ein Strom von 1 Milliampere geschickt. Der Polarisationsausschlag betrug nur 2 *mm*.

Bei 1265° war noch kein bedeutender Polarisationsausschlag wahrnehmbar.

Erst bei 1310°, also in der Schmelze selbst, konnte ein meßbarer Polarisationsstrom erreicht werden. Es wurde durch 5 Minuten ein Strom von 5 Milliampere geschickt; bei der Entladung war der erste Ausschlag $= 11\,mm$ für $t = 0$ und für $t = 5$ Minuten war dieser Ausschlag auf $2\,mm$ gesunken. Der Widerstand war 195 Ω.

Die Berechnung ergab für

$$t = 0 \text{ Minuten } i = 0{\cdot}48 \times 10^{-3}$$
$$t = 5 \quad » \quad i = 0{\cdot}09 \times 10^{-3}$$
$$\varepsilon = i.10 = 0{\cdot}0936 \text{ Volt}$$

Man könnte allerdings einwenden, daß bei einem stärkeren Strom der Polarisationsstrom schon bei niedrigeren Temperaturen merklich geworden wäre; aber es kann wohl behauptet werden, daß wie in früheren Fällen so auch hier ein meßbarer Polarisationsstrom im festen Zustande nur in der Nähe des Schmelzpunktes auftritt.

Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Temperatur.

Königsberger[1] hat darauf aufmerksam gemacht, daß für die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit schlechter Leiter von der Temperatur die van 'tHoff'sche Gleichung

$$\frac{d \ln \varkappa}{dT} = -\frac{q}{RT^2}$$

anwendbar ist.

Ewald Rasch und F. Willy Hinrichsen[2] erhalten aus obiger Formel

$$\frac{d\varkappa}{\varkappa} = \frac{v'.dT}{T^2},$$

worin x die Leitfähigkeit, T die absolute Temperatur, v' eine Konstante vermutlich einer Wärmegröße bedeutet, woraus sie durch Rechnung folgende Gleichung ableiten:

---

[1] Physik. Z., 1907, VIII, 833.

[2] Z. f. Elektrochemie, *14*, 41 (1908).

$$\log W = \frac{v}{T} + C,$$

wenn $W = \frac{1}{\varkappa}$ der spezifische Widerstand, $C = \log W_\infty$ eine Materialkonstante ist.

Man kann daher $\frac{1}{T}$ als Abszisse, $\log W$ als Ordinate auftragen und erhält als Schaulinie für die Abhängigkeit der beiden Größen eine Gerade. Die genannten Autoren führten dies u. a. für Glas und Porzellan sowie Chlornatrium aus. Bei Eis ergeben sich entsprechend den zwei Aggregatzuständen Wasser und Eis zwei Kurven.

E. Rasch und F. Willy Hinrichsen haben auch die Abhängigkeit der Zähigkeit geschmolzener Salze von der Temperatur in Betracht gezogen und fanden, daß sie sich durch die gleiche logarithmische Funktion darstellen läßt wie der Widerstand.

Um nun die Anwendbarkeit der Formel

$$\log W = \frac{v}{T} + C$$

auch meinerseits zu prüfen, habe ich für Albit, Labradorit und Diopsid die Berechnungen durchgeführt und auch die Kurven gezeichnet.

1. Albit.

Die Zahlen sind folgende:

T absolute Temperatur	$\frac{1}{T}$	Widerstand in Ω	Spezifischer Widerstand W	$\log W$
1523°	0·657	51·0	21·25	1·3273
1493	0·669	51·5	21·46	1·3316
1473	0·679	54·5	22·71	1·3562
1418	0·705	68·3	28·41	1·4534
1373	0·728	77·3	32·2	1·5054
1313	0·762	103·6	43·1	1·6335
1273	0·786	112·6	46·8	1·6702
1213	0·824	160·4	69·3	1·8407

Man sieht, daß die Kurve geradlinig ist mit Ausnahme des Stückes, bei welchem ein allmählicher Übergang in den flüssigen Zustand stattfindet; hier ist die Kurve etwas gekrümmt.

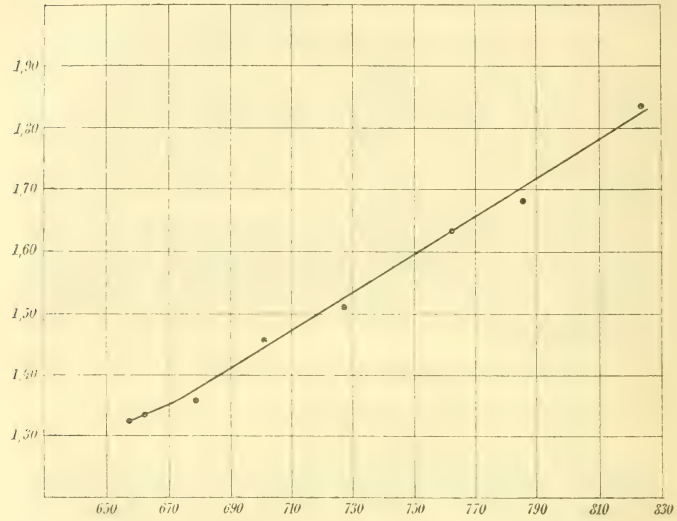


Fig. 9.

2. Labradorit.

T absolute Temperatur	$\frac{1}{T}$	Widerstand in Ω	Spezifischer Widerstand W	log W
1473°	$0{\cdot}6789 \times 10^{-3}$	950	396	2·5977
1543	$0{\cdot}648 \times 10^{-3}$	694	289	2·460
1583	$0{\cdot}6317 \times 10^{-3}$	567	236·0	2·3729
1613	$0{\cdot}620 \times 10^{-3}$	400	167·0	2·2227
1633	$0{\cdot}6124 \times 10^{-3}$	351	146·0	2·1644
1653	$0{\cdot}6049 \times 10^{-3}$	132	55·0	1·74
1662	$0{\cdot}6017 \times 10^{-3}$	99	41·2	1·613

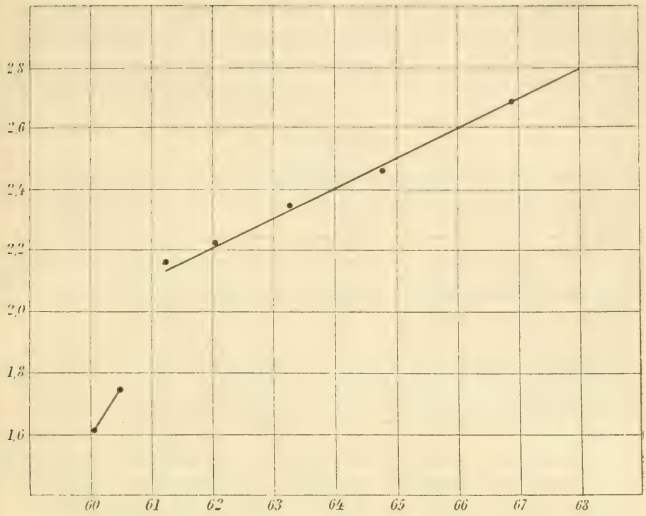


Fig. 10.

Heller Diopsid.

T absolute Temperatur	$\frac{1}{T}$	Widerstand in Ω	Spezifischer Widerstand W	log W
1643	$0{\cdot}608 \times 10^{-3}$	61	25·41	1·4080
1623	$0{\cdot}616 \times 10^{-3}$	62·6	26·04	1·4156
1608	$0{\cdot}622 \times 10^{-3}$	153	63·65	1·8038
1593	$0{\cdot}628 \times 10^{-3}$	387	160·99	2·2067
1573	$0{\cdot}635 \times 10^{-3}$	760	316·16	2·4999
1553	$0{\cdot}643 \times 10^{-3}$	1272	530	2·7242
1433	$0{\cdot}652 \times 10^{-3}$	1940	807	2·9069
1478	$0{\cdot}676 \times 10^{-3}$	7300	3041	3·4830

Auch hier ergeben sich zwei Kurven, eine für den flüssigen, eine andere für den festen Aggregatzustand.

Wenn wir die Königsberger'sche Formel anwenden, so ergibt sich, daß bei Auftragung von log W als Ordinate und von $\frac{1}{T}$ als Abszisse die Kurve, so lange der Aggregatzustand sich nicht ändert, nahezu eine gerade Linie ist, daß aber beim

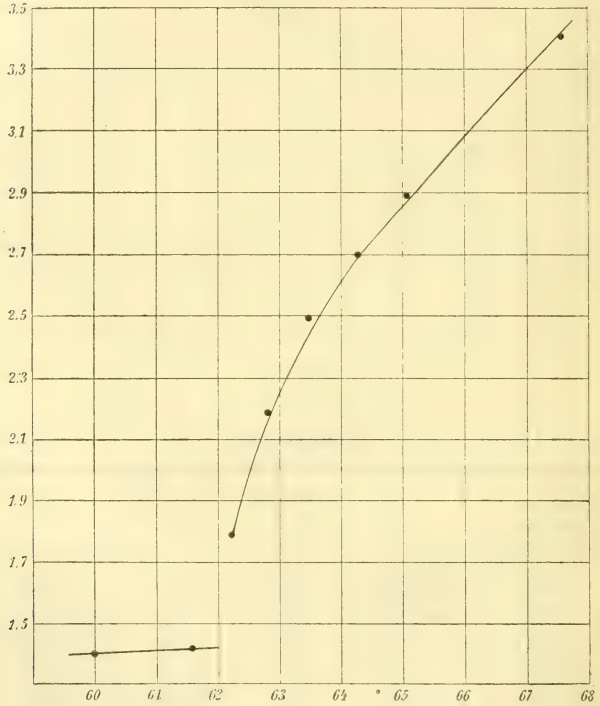


Fig. 11.

Übergang in einen anderen Aggregatzustand eine sprunghafte Änderung eintritt und für diesen dann eine zweite Gerade sich ergibt. Wo ein Gemenge von Krystallen mit unterkühlter Flüssigkeit vorlag, ist aber auch der Teil, der sich auf niederere Temperaturen bezieht, nicht geradlinig und es ergibt sich

überhaupt eine allmählich sich umbiegende Kurve. Es scheint also, daß die genannte Formel hier nur für ein Temperaturgebiet gilt, welches nicht in der Nähe des Schmelzpunktes liegt.

Resultate.

Wie aus vielen Versuchen hervorgeht, wird sowohl in festen Körpern wie in Schmelzen Elektrizitätsleitung beobachtet. Beim Übergange vom festen Zustand in den flüssigen wird die Leitfähigkeit stark vergrößert; doch ist bei Temperaturen, welche sich in der Nähe des Schmelzpunktes befinden, auch im festen Zustande noch Leitfähigkeit wahrnehmbar, wobei die Leitfähigkeit—Temperaturkurve entweder einen Knick oder auch einen Sprung zeigen kann. Ein allmähliches Umbiegen der Kurve ohne Knick findet beim Übergang aus dem flüssig isotropen Zustand in den amorphen oder starren isotropen Zustand ein und auch bei Stoffen, welche halbglasig erstarren, zeigt die Kurve eine Abrundung.

Im allgemeinen besteht die Kurve, wenn die Leitfähigkeit im festen Zustand und im flüssigen beobachtet wird, aus zwei Teilen, von denen der erste von zirka 200° unter dem Schmelzpunkte bis zu diesem nahezu vertikal, der zweite, welcher der Leitfähigkeit im flüssigen Zustand entspricht, nahezu horizontal ist. Daraus ergibt sich auch der Unterschied im Temperaturkoeffizienten für beide Teile; im ersten Teil ist er enorm groß, im zweiten Teile geringfügig. Wie sich die Kurve bei niederen Temperaturen von 0° bis etwa 1000° verhält, läßt sich nicht genau bestimmen, da die Widerstände bei krystallisierten Körpern derart groß sind, daß eine Messung entweder nicht angeht oder zu ungenau ausfällt; nur bei Gläsern läßt sich behaupten, daß die Kurve langsam ansteigt.

Aus dem Beobachtungsmaterial geht nun hervor, daß der Sprung oder Knick in der Kurve nicht immer mit dem Schmelzpunkte, der aber bei Silikaten ohnehin kein so scharfer ist wie bei anderen Salzen oder bei Metallen, genau zusammenfällt, sondern oft über ihm liegt. Was die Leitfähigkeitszahlen für die einzelnen Silikate anbelangt, so sind die Unterschiede keine sehr großen und die Werte an und für sich wohl infolge

der großen Viskosität kleine, wie ja auch die Wärmeleitfähigkeit eine geringe ist.

Aus der Darstellung, wie sie zuletzt als logarithmische Funktion des Widerstandes sich ergab, zeigt sich ebenfalls, daß die Widerstandskurve aus zwei Teilen besteht, einem für den festen, einem für den flüssigen Aggregatzustand, wobei hier ein deutlicher Sprung bemerkbar ist. Amorph-starrer und flüssiger Zustand geben eine kontinuierliche, nahezu gerade Linie, was beweist, daß hier eine Änderung des Aggregatzustandes nicht eintritt. Es ist dies, wenn man die innere Reibung der Flüssigkeit mit der des erstarrten Glases vergleicht, sehr auffallend, weil man die Leitfähigkeit hauptsächlich nur mit der inneren Reibung in Zusammenhang brachte; daß die Werte der Leitfähigkeit allerdings wohl wegen der Größe der inneren Reibung gering sind, wurde früher bemerkt.

R. Lorenz[1] hat aber auch darauf aufmerksam gemacht, daß Ionenreibung und innere Reibung nicht zusammengeworfen werden können. Tatsächlich besteht allerdings ein Zusammenhang zwischen innerer Reibung und Leitfähigkeit; indessen ist dies nicht, wie Foussereau und teilweise auch K. Arndt[2] meinen, der allein maßgebende, wie bereits in der ersten Mitteilung gezeigt wurde.

Der Widerstand von Stoffen, die im amorph-isotropen und im krystallisierten Zustande vorkommen, ist ganz verschieden, wie auch für polymorphe Phasen, und hier ist nicht die innere Reibung maßgebend, sondern der Molekularzustand.

Die wichtigste Konsequenz, welche wir aus den Versuchen ziehen, ist nun folgende:

Beim Übergange vom krystallisierten in den flüssigen oder amorph-starren Zustand findet eine plötzliche Änderung der Leitfähigkeit statt und ist der Punkt in der Kurve deutlich sichtbar; doch ist die Leitfähigkeit schon in der Nähe des Schmelzpunktes eine sehr große.

Das Auftreten von Polarisationsströmen und von Elektrolyse überhaupt zeigt sich bei festen Körpern nur 100 bis 200°

---

[1] Z. f. physik. Chemie, 1907; Berl. Berichte (1907), 3308, 4378.

[2] Z. f. Elektrochemie, *13* (1907).

unter dem Schmelzpunkte, während man bis 600° in diesen Stoffen überhaupt keine Leitfähigkeit findet und auch noch viele hundert Grade darüber jedenfalls keine elektrolytische Leitfähigkeit auftritt, da der Polarisationsstrom fehlt. Polarisationsströme treten aber in der Nähe des Schmelzpunktes auf.

Königsberger[1] u. a. nehmen an, daß im festen Zustande nur metallische Leitfähigkeit, also Elektronenleitung, möglich ist und daß nicht nur in Metallen, sondern auch in Sulfiden, Oxyden, Haloidsalzen und Oxysalzen im festen Zustand nur Elektronenleitung vorkommt, nicht aber elektrolytische Leitung. Durch die Arbeiten von Mönch, Weigel und Horton u. a. zeigt sich in der Tat, daß bei geringen Temperaturen, im festen Zustande nur metallische Leitung vorkommt; erst bei hohen Temperaturen, also in der Nähe des Schmelzpunktes, kommt Ionenleitung vor. Allerdings ist dieser Standpunkt noch nicht allgemein adoptiert und ist auch das bisher untersuchte Material noch nicht so groß, daß man elektrolytische Leitung bei festen Körpern, namentlich bei gesteigerter Temperatur, als ausgeschlossen betrachten könnte; bei niederen Temperaturen scheint dies aber wahrscheinlich zu sein, abgesehen von der durch Einschlüsse verursachten elektrolytischen Leitung wie bei Quarz u. a.

Entweder kann bei Temperaturen bis 200° unter dem Schmelzpunkt auch nur Elektronenleitung vorhanden sein oder aber es tritt in dem erhitzten Körper bereits elektrolytische Leitung auf. Möglicherweise sind bei hohen Temperaturen beide Arten von Elektrizitätsleitung vorhanden; bei den meisten Temperaturen überwiegt die Elektronenleitung, nur bei sehr hohen die Ionenleitung.

Wie haben wir uns nun die Tatsache zu erklären, daß im festen Zustand nur in der Nähe des Schmelzpunktes elektrolytische Leitung vorkommt?[2] Entweder gibt es im

[1] Jahrb. d. Radioaktivität und Elektronik, IV, 158 (1907); Verhandl. d. deutschen physik. Gesellschaft, IX, 286 (1907).

[2] Aufzuklären wäre noch der Fall des Jodsilbers, vgl. Königsberger, l. c.; v. Hasslinger spricht sich für elektrolytische Leitung in festen Körpern aus. Diese Sitzungsber., 1906, 1521.

festen Zustand überhaupt keine Ionen oder es findet Ionenzerfall statt, aber die Ionen sind unbeweglich. Welche Hypothese ist nun wahrscheinlicher?

Man könnte nun den Unterschied zwischen dem amorphen und dem krystallisierten Zustand auch darin finden, daß der Dissoziationsgrad völlig verschieden ist und daß im krystallisierten Zustand keine Ionen vorhanden sind; absolut unmöglich ist zwar diese Annahme nicht, aber immerhin sehr unwahrscheinlich, wie auch aus den Ausführungen von O. Lorenz[1] hervorgeht.

Es ist in der Tat kaum anzunehmen, daß die freien Ionen im Moment des Krystallisierens zu elektrisch neutralen Molekülen sich vereinigen; insbesondere müßte aber beim Schmelzpunkte plötzlich Dissoziation eintreten und unter jenem Punkte wäre elektrolytische Leitfähigkeit nicht denkbar.

Die Änderung der Leitfähigkeitskurve hängt wahrscheinlich nicht mit einer Änderung im Dissoziationsgrad, obwohl auch hier eine solche nicht ganz ausgeschlossen ist, sondern besonders mit der Änderung der Ionenbeweglichkeit zusammen. Wir sehen, daß in Gläsern wie in Schmelzen der Temperaturkoeffizient verhältnismäßig nicht sehr groß ist; erst beim Eintritt in den festen Zustand treten plötzlich große Veränderungen ein.

Die immer wahrscheinlicher werdende Tatsache, daß Krystalle (mit Ausnahme der Temperaturen bis 200° unter dem Schmelzpunkte) keine elektrolytische Leitung zeigen, beweist nur, daß eine Beweglichkeit der Ionen ausgeschlossen ist und der Vergleich der Leitfähigkeit eines und desselben Stoffes in krystallisierter und amorpher (isotrop-starrer) Phase bestätigt dies. Die Dissoziation braucht in beiden Phasen nicht verschieden sein, wohl aber die Ionenbeweglichkeit. Beim Übergang einer vollständig dissoziierten Flüssigkeit in den festen Zustand braucht sich der Dissoziationsgrad nicht zu ändern, aber die Ionenbeweglichkeit wird eine andere sein.

Daß im schmelzflüssigen Zustande[2] Zerfall in Ionen vorhanden ist, wird durch die Elektrolyse und die Leitfähigkeit

[1] Elektrolyse geschmolzener Salze, III, Ionentheorie.

[2] Die Übereinstimmung der elektrolytischen Dissoziation in wässerigen Lösungen und in Schmelzen begründet Lorenz, l. c., III, E.

erwiesen. Der Zerfall kann bei verschiedenen Stoffen ein verschiedener sein, scheint aber im allgemeinen ein bedeutender zu sein, und man kann annehmen, daß im schmelzflüssigen Zustande manche Stoffe gänzlich dissoziiert sein können; denn es ist bei der Bestimmung des Dissoziationsgrades auch die Beweglichkeit der Ionen zu berücksichtigen und da wir selten Flüssigkeiten von so geringer innerer Reibung haben wie wässerige Lösungen, so dürfte eine geringere Leitfähigkeit viel mehr auf geringe Ionenbeweglichkeit als auf geringen Ionenzerfall zurückzuführen sein.

Im festen Zustande bei gewöhnlicher Temperatur leitet der Körper nicht, weil eine Bewegung der Ionen nicht möglich ist. Man kann daher auch annehmen, daß der wesentliche Unterschied zwischen dem festen Zustand und dem flüssigen in bezug auf Elektrizitätsleitung darin besteht, daß die Ionen im festen Zustand im Raumgitter festgelegt sind; sie sind unbeweglich. Damit im Zusammenhange steht, daß im festen Zustand auch Diffusion nicht möglich ist, wie viele Krystalle, die seit Jahrtausenden miteinander verwachsen, stets unverändert bleiben, zeigen. Es ist kein osmotischer Druck im Krystallzustande meßbar, wenigstens bei niederen Temperaturen und geringen Drucken. Bei sehr hohen Drucken und sehr hohen Temperaturen ist eine Annäherung an den Flüssigkeitszustand vorhanden; dann können wenigstens bei metallischen Körpern Reaktionen im festen Zustand eintreten.

Mit Recht hebt Lorenz hervor, daß man die Idee fallen lassen muß, daß das Lösungsmittel die Ursache der elektrolytischen Dissoziation sei. Bei geschmolzenen Körpern oder gar bei festen in der Nähe des Schmelzpunktes kann von einem Lösungsmittel nicht mehr die Rede sein. Es ist auch nicht notwendig, anzunehmen, daß der undissoziierte Teil der Schmelze das Lösungsmittel für den dissoziierten bilde, wie es noch Abegg angenommen hatte.[1]

Es ist weiter wahrscheinlich, daß die Dissoziation von Schmelzen wie auch der festen Körper oft sehr groß ist und daß geringere Leitfähigkeit infolge großer innerer Reibung wegen der geringen Ionenbeweglichkeit entsteht.

[1] Z. f. Elektrochemie, 1899.

Krystallstruktur und Dissoziation.

Wenn wir die kinetische Theorie der Gase auf den festen Zustand anwenden, so kommen wir zu dem Resultat, daß ein Krystallbaustein sich bildet, wenn eine Anzahl Moleküle zufällig bestimmte Lagen einnehmen, die der Symmetrie des Stoffes entsprechen, und dann in derselben Lage erstarren; dies setzt aber eine größere Anzahl, und zwar eine verschiedene von Gas- oder Flüssigkeitsmolekülen voraus, was wiederum im Widerspruche mit anderen Erwägungen steht, nach welchen die Polymerisation im festen Zustande keine sehr große sein kann und ein Krystallmolekül auch aus nur wenigen Gasmolekülen bestehen kann. Es ist daher auch bezweifelt worden, ob Moleküle, den Gasmolekülen vergleichbar, im festen Zustande vorkommen.[1]

Trotz der großen Fortschritte der physikalischen Krystallographie geben uns die Strukturtheorien doch keinen merklichen Aufschluß über die Natur des festen Zustandes; denn, wie in der letzten Zeit Viola[2] und Friedel[3] ausführen, sind sie nur der mathematische Ausdruck für die Gesetze der rationalen Parameter oder Indices. Sie können uns keinen Aufschluß über die physikalische Beschaffenheit der festen Körper geben.

Die Betrachtung des Äquivalentvolumens und ihre Beziehung zum spezifischen Inhalt im Raumgitter kann uns nur über die relative Anzahl der Moleküle, welche in einem Krystallteilchen enthalten ist, Aufschluß geben, insofern als wir auf die Abstände der Moleküle schließen und daraus berechnen können, daß die Moleküle des einen Stoffes mehr voneinander entfernt sind als die eines anderen und daraus können wir auf die Dichtigkeit der Besetzung mit Molekülen schließen. Aber zu weiteren Schlüssen kommen wir nicht.

Groth[4] hat die Sohncke'sche Theorie der Krystallstruktur wohl wegen der eben angedeuteten Schwierigkeit dahin

---

[1] Groth, Chemische Krystallographie.

[2] Viola, Krystallographie, 335—337.

[3] Bulletin de la soc. min. de France, 1907, Dezemberheft.

[4] Chemische Krystallographie, p. 8.

abgeändert, daß er sich einen Krystall aus einer endlichen Zahl von ineinander gestellten Punktsystemen, die sämtlich gleich große und gleich gerichtete Deckschiebungen besitzen, denkt, aber nicht wie Sohncke die Punkte eines Teilsystems mit Molekülen, sondern mit gleichartigen Atomen besetzt; es würde daher ein derartiges Teilsystem aus einer Ineinanderstellung mehrerer Raumgitter bestehen, die sich durch die Orientierung der zu bildenden Atome unterscheiden.

Statt der Verteilung chemischer Moleküle im Raumgitter nimmt Groth an, daß die Atome im Krystall nach Raumgittern angeordnet sind; er[1] meint, daß in einem Salz wie z. B. K_2SO_4 drei Raumgitter vorhanden sind, von welchen das eine die Kaliumatome, das zweite die S-Atome und das dritte die O-Atome enthält.

Vorausgesetzt, daß eine solche Annahme, die ja gewiß hypothetisch ist, überhaupt zulässig ist, so würde man mit mehr Wahrscheinlichkeit solche Raumgitter annehmen, welche mit K'-Ionen und mit SO_4''-Ionen zu besetzen wären. Die Schwierigkeit liegt aber wie bei der Groth'schen Hypothese darin, daß wir hierin über den Erfahrungssatz der Sohncke'schen Theorie hinausgehen; die Groth'sche Theorie stößt auch auf bedeutende Schwierigkeiten bei ihrer Anwendung auf Hydrate und Molekülverbindungen.

Groth geht von der Annahme aus, daß bei krystallwasserhaltigen Substanzen H_2 und O getrennt im Raumgitter verteilt sind, »daß die Wasserstoff- und Sauerstoffatome des Wassers ebenso als Bestandteile der Krystallstruktur wie die übrigen Atome« zu denken sind. Diese Annahme, welche der Schwierigkeit der Unterscheidung des Krystallwassers und des Konstitutionswassers begegnen soll, hat aber geringe Wahrscheinlichkeit; denn es ist nicht einzusehen, warum beim Erhitzen eine bestimmte Anzahl von H- und O-Atomen austreten soll, ohne daß der ganze Körper sich zersetzt, was aber bei Krystallwasserhydraten nicht der Fall ist.[2]

---

[1] Chemische Krystallographie, p. 11, 71.

[2] Besonders der Fortbestand von Hydraten in Lösung ließe sich schwer auf diese Art erklären.

Die Erklärung, daß man es mit Netzen von durch Dissoziation entstandenen negativ und positiv geladenen Ionen des betreffenden Salzes und elektrisch neutralen Wassermolekülen zu tun hat, wäre eher plausibel, falls wir überhaupt auf eine derartige Strukturtheorie reflektieren; da bekanntlich der Dissoziationsgrad von H_2O ein äußerst schwacher ist, so würde beim Krystallisieren von H_2O auch keine Trennung in Ionen stattfinden, diese Wassermoleküle unverändert an der Krystallstruktur teilnehmen können und wird bei ihrem Austritte keine Zersetzung, wohl aber eine Volumveränderung nötig sein. Organische Substanzen, die keine oder nur sehr schwache Elektrolyte sind, könnten dieselbe Rolle spielen wie das Wasser. Das sind vorläufig nur Vermutungen, da ja, wie erwähnt, die ganze Annahme der Verteilung nach Raumgittern nicht festgestellt ist.

Wir sehen, daß, wenn wir ein festes Salz oder Oxyd schmelzen, die im festen Zustande sehr geringe elektrolytische Leitfähigkeit sich bedeutend vergrößern wird und umgekehrt. Es kann aber dieser Unterschied auch bei sich gleichbleibender Dissoziation durch die Verschiedenheit der Ionenbeweglichkeit sich erklären. Für den immerhin möglichen Fall eines vollkommen dissoziierten Elektrolyten würden die Schwingungen der festgelegten Ionen beim Übergang in den festen Zustand so klein sein, daß auch unter der Einwirkung äußerer Kräfte, wie der eines elektrischen Stromes, nicht mehr eine Bewegung derselben ermöglicht wird. Erst bei hohen Temperaturen würde eine geringe Ionenbeweglichkeit denkbar sein; ein solcher hoch erhitzter Körper zeigt z. B. auch in seinen optischen Eigenschaften große Veränderungen und bei hohen Temperaturen werden viele (vielleicht die meisten, denn Beobachtungen darüber liegen zumeist nicht vor) Krystalle isotrop, neigen also dem Flüssigkeitszustande zu.

Erhitzt man ein solches festes Salz, so werden die Schwingungen der elektrisch geladenen Moleküle sich vergrößern und in der Nähe des Schmelzpunktes könnten die Ionen unter der Einwirkung des elektrischen Stromes sich berühren und dadurch Stromleitung und Wanderungen erzeugen. Bei sehr vielen Körpern ist jedoch auch die metallische Leitung oder Elektronenleitung zu berücksichtigen, die

aber bei Salzen fehlt, daher diese zumeist bei niederer Temperatur nicht leiten.

Ich bin daher der Ansicht, daß ein fester, nicht leitender Körper, z. B. krystallisiertes NaCl, nicht aus undissoziierten Molekülen bestehen muß; im Gegenteil, er kann gänzlich oder zum größten Teil in Ionen zerfallen, die aber, da sie im Raumgitter festgelegt, unbeweglich sind und daher kann dieser Körper trotz seines Ionenzerfalles keine Elektrizitätsleitung aufweisen.

Im amorphen Zustande, z. B. bei Gläsern, ist bei niederer Temperatur offenbar die Ionenreibung so groß, daß Leitung nicht stattfindet; mit der Temperaturerhöhung können die Ionen erhöhte Beweglichkeit finden und das entspricht der Beobachtung.

Jedenfalls wird man bei allen chemisch-krystallographischen Betrachtungen, bei welchen im Krystall eine regelmäßige Verteilung von Atomen der Krystallstruktur entsprechend angenommen wird, eher aber Ionen, also + und — geladene Moleküle, anzunehmen haben und diese Ionen können zum Teil recht komplexe sein. Es ist auch zu erinnern, daß bei krystallwasserhaltigen Verbindungen und Molekülverbindungen H_2O und NH_3 die Ionen substituieren können (vergl. darüber Werner, Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie).[1]

Bezüglich der isomorphen Körper ist zu bemerken, daß bekanntlich die Beweglichkeit elementarer Ionen eine periodische Funktion ihres Atomgewichtes ist.[2] Man kann sich also leicht denken, daß Elemente von ähnlichem Atomgewicht eher gleichmäßig wandern können und beim Festwerden ebenfalls zusammen sich ausscheiden. Vergleicht man zwei isomorphe Körper, so wird bei zwei chemisch analogen Stoffen die Dissoziation der Größe nach ziemlich übereinstimmen die Ladungen der Ionen gleiche und auch die Ionenbeweglichkeit wird eine

---

[1] Braunschweig, F. Vieweg, 1905.

[2] Nernst, Theoret. Chemie, V. Aufl., 388.

ähnliche sein; ebenso wird die Verteilung der Ionen im Krystall eine ähnliche sein.[1]

Polymorphe Körper werden gegenwärtig so erklärt, daß man verschiedene Anordnung gleichmäßiger Moleküle annimmt, sei es nun, daß man verschiedene Punktsysteme mit gleichartiger gegenseitiger Stellung der Atome, respektive mit Raumgittern von verschiedener Deckschiebung (Groth) oder daß man wie Friedel Netze von gleichem Flächeninhalt, die gegeneinander gedreht sind, annimmt. Hiebei ist aber auf eine etwaige Polymerisation nicht mehr Rücksicht genommen. Man könnte auch annehmen, daß bei polymorphen Phasen die Zahl der undissoziierten Moleküle verschieden sein kann, und daß sie sich durch den Dissoziationsgrad unterschieden, daher verschiedene Ladung zeigen, und daß auch Polymerisation eine Rolle spielt; hiebei sei auf die Beziehungen zwischen Dielektrizitätskonstante und Polymerisation verwiesen.[2] Beim Lösen, Schmelzen würden natürlich alle jene im festen Zustande vorhandenen Unterschiede aufgehoben werden können.

---

[1] Malström, Annalen der Physik, Bd. 18 (1905), p. 413, nimmt im flüssigen Zustand eine regelmäßige Verteilung positiver und negativer Ionen an.

[2] Vgl. Abegg, Z. f. Elektrochemie, 1899.

Ph. Van Tieghem's Anschauungen über den Bau der Balanophora-Knolle

von

Prof. **E. Heinricher.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. April 1908.)

Ungefähr gleichzeitig mit mir hat sich auch Van Tieghem mit dem Studium des Baues von *Balanophora* beschäftigt. Unter dem Titel: »Sur les Inovulées. Première Partie. I. Ordre des Loranthinées 1. — Alliance de Balanophorales« veröffentlichte er seine Ergebnisse in den »Annales des Sciences Naturelles, Botanique, 9e Serie, Tome VI« (1907, p. 125—258). In einer »Note ajoutée après l'impression« vom 15. November 1907 nimmt er kurz Stellung zu meiner in diesen Berichten[1] erschienenen Abhandlung »Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Balanophora*«.

In seiner mit Figuren im Texte oder Tafeln nicht ausgestatteten Abhandlung äußert Van Tieghem eine merkwürdige Auffassung vom Baue der *Balanophora*-Knolle, eine Auffassung, die mir nach Betrachtung der in meiner Abhandlung von Knollendurchschnitten in den Figuren 1 und 2 der Tafel gegebenen photographischen Reproduktionen ganz unerwartet und unfaßbar vorkommt und die, wie er selbst sagt, im Gegensatz steht mit der Ansicht aller Forscher, die sich seit R. Brown mit dem Studium von *Balanophora* beschäftigt haben. Diese alle haben angenommen, daß in die *Balanophora*-Knolle Elemente der Wirtswurzel übertreten. Die Richtigkeit dessen

[1] März 1907.

habe ich als sichergestellt angesehen und bin in meiner angezogenen Arbeit nur dafür eingetreten, diesen Elementen, auf Grund ihres anatomischen Aufbaues, mehr aber noch ihrer Abstammung von der Wurzel der Nährpflanze, den Namen »Wurzeln oder Wurzeläste, Wurzelauszweigungen« zu geben, statt der früher gang und gäben Bezeichnungen »Gefäßstränge«, »Gefäßbündel«, »Holzstränge«.

Während dieser Auffassung nach die *Balanophora*-Knolle immer ein Zwittergebilde ist, aufgebaut teils aus eigenem Gewebe, teils aus solchem der Wirtspflanze und ich diesen symbiontischen Charakter besonders betont habe, sieht Van Tieghem die ganze *Balanophora*-Knolle als einheitliches, nur aus *Balanophora*-Gewebe bestehendes Gebilde, die Wurzelauszweigungen der Wirtspflanze also nicht als solche, sondern als je einen der *Balanophora* angehörigen »Zentralzylinder«, eine »Stele«, an.

In der Schilderung des Querschnittsbildes eines solchen »Zentralzylinders« nach Van Tieghem, respektive einer Wirtswurzelauszweigung nach mir, herrscht bei uns beiden weitgehende Übereinstimmung, nur in der Deutung größte Verschiedenheit. Um diese zu erläutern, muß ich den Leser bitten, das Querschnittsbild einer solchen Wurzelauszweigung, das ich in Fig. 6 der Tafel meiner zitierten Abhandlung nach mikrophotographischer Aufnahme vorführte, zur Hand zu nehmen. Nach meiner Auffassung ist der wesentliche Teil desselben der Wirtswurzelauszweigung angehörig. Wir finden einen zentralen Holzkörper, durch markstrahlenähnliches Gewebe nach außen in radiär verlaufende Streifen zerklüftet, wir erkennen bei stärkerer Vergrößerung um denselben herum ein Kambium und außerhalb des letzteren ein kleinzelliges Rindengewebe. In der Deutung dieser Teile stimmt Van Tieghem mit mir überein, allerdings mit dem Unterschiede, daß all das Genannte bei Van Tieghem der *Balanophora* angehört — nach mir, der Wirtswurzel. Den besprochenen Komplex umschließt nun meiner Ansicht nach Knollenparenchym der *Balanophora*, und zwar stets zunächst mit einigen Schichten, deren Zellen kleiner als das übrige Knollenparenchym und die zudem ausnahmslos durch verholzte Wandungen ausgezeichnet

sind.[1] Bezüglich der Zugehörigkeit dieses Gewebes zu *Balanophora* und der Verholzung stimmt Van Tieghem bei, hingegen weicht wieder die Deutung wesentlich ab. Die inneren Lagen des verholzten Parenchyms deutet er als einen Perizykel, die äußerste spricht er als eine wohl unterscheidbare Endodermis an und infolge des Vorhandenseins dieser Differenzierungen ist der ganze Strang nach ihm ein »Zentralzylinder«.

Ich muß nun gestehen, daß die verholzten Rindenlagen in der Tat gewissermaßen eine mehrschichtige Scheide um jede Wurzelauszweigung bilden, und daß der Zusammenhang zwischen den Elementen der Wirtswurzelauszweigung und dieser Scheide ein äußerst inniger ist. Und wenn auch jeder, der einen Schnitt durch eine frische oder gut konservierte *Balanophora*-Knolle und die tragende Wirtswurzel macht, unzweifelhaft das Austreten von Auszweigungen der letzteren in die Knolle wahrnimmt (denn eine entgegengesetzte Auffassung hat bisher nur Van Tieghem vorgetragen), so ist doch zuzugeben, daß das Erkennen der Grenze zwischen dem Gewebe der Wirtswurzelauszweigung und dem der *Balanophora* wenigstens zunächst Schwierigkeiten bereitet.

Entschieden muß ich aber bestreiten, daß die genannte mehrschichtige Scheide verholzter Parenchymzellen, die die einzelne Wurzelauszweigung umgibt, eine Unterscheidung einer besonderen äußersten Lage, die Van Tieghem Endodermis nennt, von dem inneren Teil (Perizykel) zuläßt. Die äußerste Zellage ist in keiner Weise von den Zellen des »Perizykels« unterschieden. Auch ist die verholzte Scheide keineswegs überall gleich ausgebildet und die fünf Zellagen, die Van Tieghem für den Perizykel allein in Anspruch nimmt, werden nur selten und nur lokal anzutreffen sein.[2] Wie die angezogene

[1] Bemerken muß ich, daß Van Tieghem zum Teil auf dem Studium derselben Arten fußt wie ich, nämlich *Balanophora elongata* und *B. globosa*, jedoch auch einige weitere Arten zur Verfügung hatte. Ohne Bedeutung für die hier behandelten Fragen ist es, daß Van Tieghem die Arten der Gattung *Balanophora* älterer Nomenklatur in vier Gattungen gespalten hat, demzufolge *Balanophora elongata* und *B. globosa* bei ihm zur Gattung *Balaniella* gezogen werden.

[2] Bei *B. globosa* ist diese Scheide meist weniger ausgeprägt als bei *B. elongata*. Überhaupt ist die Differenzierung derselben in den unteren (basalen)

Fig. 6 der Tafel in meiner Abhandlung zeigt, besteht die ganze Scheide (Endodermis + Perizykel nach Van Tieghem) durchschnittlich nur aus drei Zellagen und kann aus derselben Abbildung auch der Mangel einer differenzierten, der Endodermis Van Tieghem's entsprechenden Schicht wohl entnommen werden.

Außer der befremdenden Ansicht, die eben erörtert wurde und durch die hervorgeht, daß Van Tieghem das Austreten von Auszweigungen aus der Wirtswurzel in die *Balanophora*-Knolle leugnet, gelangt er in seiner Abhandlung aber noch zu einer zweiten, nicht weniger eigentümlichen Deutung, die allerdings gewissermaßen die Folge der ersteren darstellt.

Solms-Laubach[1] war der erste, der in den in die *Balanophora*-Knolle übertretenden Auszweigungen der Wirtswurzel die so eigenartigen, großen Thalluszellen des Parasiten erkannte und beschrieb. Ich habe l. c. das generell Wichtigste über diesen Thallus mitgeteilt und glaube in der Mikrophotographie, die durch Fig. 5 der Tafel wiedergegeben ist, das erste anschauliche Bild über diesen Thallus veröffentlicht zu haben. Detailstudien über denselben wird in diesen Berichten mein Schüler und derzeitiger Assistent Max Strigl veröffentlichen.

Auch Van Tieghem sind diese großen, merkwürdigen Zellen nicht entgangen; er erkennt sie zwar auch als Elemente der *Balanophora* an, aber keineswegs als Thalluszellen, sondern sieht in ihnen ein System von Sekretionszellen, den »Zentralzylindern« der *Balanophora* angehörige Elemente. Näher wird auf ihre Funktion nicht eingegangen; an einer Stelle heißt es »de grandes cellules sécrétant de l'huile essentielle«.

So wie die Auffassung der Wirtswurzelauszweigungen als der *Balanophora* eigene »Zentralzylinder«, so muß auch die der Thalluszellen als »Sekretionszellen« — in dem Sinne Van Tieghem's — entschieden abgelehnt werden.

Knollenpartien im allgemeinen viel ausgesprochener als bei den oberen. Auf Details in Van Tieghem's Arbeit will ich hier nicht eingehen, weil solche viel besser in der angekündigten Arbeit über den Thallus von *Balanophora*, welche Herr Strigl bald zur Veröffentlichung bringen wird, ihren Platz finden.

[1] Das Haustorium der Loranthaceen und der Thallus der Rafflesiaceen und Balanophoreen (Abh. der naturf. Ges. zu Halle, Bd. XIII, H. 3, 1875, p. 33).

Ich möchte noch auf einige Schwierigkeiten hinweisen, mit denen die Van Tieghem'sche Auffassung zu kämpfen hat. Van Tieghem, der eine recht genaue anatomische Untersuchung von *Balanophora* vorgenommen hat, beschreibt z. B. für *B. elongata* ganz richtig, daß in der Nähe der Insertion einer Knolle ein einziger Zentralzylinder vorhanden, diese Region also monostelisch sei; daß durch Teilung dieser Stele dann vier oder fünf im Kreise angeordnete aufträten, die vielfach Größenunterschiede aufwiesen, und daß diese eingeleitete Polystelie durch weitere Teilung auf 10, 18 und mehr Stelen anwachse, die schließlich in dem Wulst zurückbleiben, der den endogen entstandenen und hervortretenden Infloreszenzsproß umscheidet. In diesen treten die Stelen also nicht über. Nach meiner Auffassung liegt natürlich im monostelen Basalteil die primäre Auszweigung der Wirtswurzel in die Parasitenknolle vor, die sich dann weiter in der angedeuteten Weise teilt und zu dem »polystelen« Aufbau Van Tieghem's führt.

Van Tieghem erkennt auch das System der »Cribrovasalstränge«, d. i. der, auch nach meiner und anderer Autoren Meinung, der *Balanophora* eigenen Leitstränge, die zunächst einen äußeren Kreis bilden, zu denen später, in der »polystelen« Phase, noch ein innerer Komplex solcher sich zugesellt, der seine Fortsetzung auch im Blütensproß findet. Das sind nach ihm von den Stelen scharf zu scheidende, eben einfache »Cribrovasalstränge« und da diese allein in dem Infloreszenzsproß vorhanden sind, sei dieser astelisch »en prenant ce mot dans toute sa généralité«. Er führt dann p. 162 anknüpfend aus: »Es ist nicht ohne Interesse zu bemerken, daß dieser Typus von Stengelstruktur (Astelie), vor der Einführung der Begriffe Stele und Meristele in die Wissenschaft, derjenige war, welchen man der Gesamtheit der vaskulären Pflanzen zuschrieb. Man zerlegte damals den Stengel, wie man weiß, in Epidermis, Grundgewebe und Fibrovasalstränge. Eine vertiefte Analyse ließ nach und nach diesen Typus von allen Klassen der Rhizophyten verschwinden. Heute tritt er wieder in einer eigenen Gruppe der Dicotylen auf, aber allerdings nur in einem Teil des Stengels, dem derivaten Teil (der aus der Knolle hervorbrechende Blütensproß H.), denn der andere Teil, der primitive

Teil (das Rhizom nach Van Tieghem, d. i. die *Balanophora*-Knolle[1] H.) bietet die schönste und vollständigste Manifestation, welche augenblicklich für den polystelen Typus bekannt ist.«

Man muß sagen, die Stelärtheorie, in deren künstlicher Schematisierung Van Tieghem doch etwas zu weit gegangen ist, hat ihren Begründer ganz in ihren Bann genommen und hier Irrwege betreten lassen, die beträchtlicher sein dürften als diejenigen, die Van Tieghem Göppert zuschreiben will.

Diese »schönste und vollständigste Manifestation des polystelen Typus« existiert nicht, denn die Stelen sind eben Auszweigungen der Wirtswurzel und nicht eigenes Bildungsprodukt der *Balanophora*-Knolle. Die Verschiedenheit im Bau des Rhizoms und des Blütensprosses hätte Van Tieghem eigentlich doch stutzig machen sollen, das Auftreten von zwei Arten so verschieden gebauter Leitungsbahnen, wie es die Zentralzylinder (rekte Wirtswurzelauszweigungen) und die einfachen Cribrovasalbündel sind, in einer und derselben Pflanze, sein Befremden erregen müssen. Ebenso die Tatsache, daß die trachealen Elemente in den Stelen (Wirtswurzelzweigen) und den Cribrovasalbündeln ganz verschiedene Architektur zeigen, was ja leicht erklärlich wird, da es Holzelemente verschiedener Pflanzen sind, hingegen es sehr auffällig wäre, wenn sie in der Tat einer und derselben Pflanze gehören würden. In gleicher Weise müßte es befremdlich erscheinen, daß in den einen dieser Leitungsbahnen, den »Stelen«, Van Tieghem's Sekretzellen konstant vorkommen, in den andern, den Cribrovasalbündeln ebenso konstant fehlen.

In einer Beziehung kann aber das Interesse Van Tieghem's an *Balanophora* bestehen bleiben, denn in seinem Sinne ist nicht nur der Infloreszenzsproß, sondern auch das Rhizom (die Knolle), und somit die ganze Pflanze, astelisch.

---

[1] Die Bezeichnung Knolle scheint mir hier besser, insofern sie über den morphologischen Wert nichts sagt, während unter Rhizom stets ein Stammgebilde verstanden wird. Vom physiologischen Standpunkte ist die *Balanophora*-Knolle ein Reservestoffbehälter und dies ist mit dem Begriff Knolle ja auch ausgedrückt. Morphologisch ist sie bei *Balanophora* gar nicht differenziert.

Endlich müßte es Van Tieghem aufgefallen sein, daß, wenn seine Vorstellung über den Aufbau von *Balanophora* richtig wäre, die so geringe Abgrenzung zwischen Wirt und Parasit unterhalb der Basis des letzteren, an der Insertionsstelle, kaum verständlich bliebe. Einerseits im freien, untersten Teil der Knolle die scharf abgegrenzte »Stele«, andrerseits gleich unterhalb in der Wirtswurzel das Verschwinden derselben ohne jede scharfe Grenze. Die Unklarheit über die Insertion tritt in der kurzen Beschreibung, die Van Tieghem p. 187 gibt, auch deutlich hervor. Er sagt: »En descendant vers l'insertion, on voit les vaisseaux de la stèle, tant primaires que secondaires, se tortiller sur eux-mêmes en tous sens (es ist dies das durch den Einfluß des sich entwickelnden Parasiten entstandene, abnorm ausgebildete Holzgewebe der Wirtswurzel) et c'est avec cette singulière forme contournée, due sans doute à la pression exercée, qu'ils passent dans le suçoir et qu'ils s'établissent en contact avec ceux de la racine nourricière«.

Die erwähnte geringe Abgrenzung wird aber unmittelbar einleuchtend, wenn man bedenkt, daß die »Stele« eben nur eine Auszweigung der Nährwurzel ist, also »Fleisch von eigenem Fleisch«, die am Insertionsorte nur durch geringe Qualitätsunterschiede in den Holzelementen und durch deren Lagerungsverhältnisse, ferner durch das Auftreten der Zellreihen des Parasitenthallus von der Beschaffenheit der übrigen Nährwurzel unterschieden ist.

In der Nachschrift, in welcher Van Tieghem meiner Arbeit über *Balanophora* gedenkt, wendet er sich besonders dagegen, daß ich seine »Zentralzylinder« (natürlich mit Ausschluß von Van Tieghem's Perizykel und Endodermis) als Wurzeln bezeichne. Nachdem er erwähnt hat, daß ich die großen Zellen, respektive Zellreihen in ihnen als Thallus des Parasiten auffasse, fährt er fort: »Mais alors que reste-t-il, dans le cordon ainsi fortement réduit, pour appartenir réellement à la plante hospitalière? Une partie d'anneau libérien centripète, en dehors, et une partie de cylindre ligneux centrifuge, en dedans: c'est trop peu pour constituer toute une véritable racine. Cette prétendue racine n'aurait donc ni épiderme, ni coiffe, ni écorce, ni endoderme, ni péricicle, ni faisceaux ligneux

primaires centripètes alternes avec des faisceaux libériens primaires, bref, aucun des caractères essentiels requis pour mériter ce nom«.

Dem muß ich jedoch entgegenhalten, daß ich in meiner Schrift mich durchaus nicht auf den Ausdruck Wurzeln steife. P. 11 heißt es: »Ich glaube, daß man die Auszweigungen der Wirtswurzeln in den *Balanophora*-Knollen in der Tat ruhig als Wurzeln oder doch Wurzeläste bezeichnen soll.« Mir war es darum zu tun, die früher üblich gewesenen Bezeichnungen »Gefäßbündel«, »Gefäßstränge«, »Holzstränge«, die zu wenig sagen, auszumerzen. Wurzeläste besonderer Art sind jene Auszweigungen, die einen zentralen Holzkörper, einen geschlossenen Kambiumring und Siebteil haben, gewiß. Ob es stark modifizierte Wurzeln sind, darüber läßt sich streiten; jedenfalls liegt es näher, sie als solche, denn etwa als Sprosse anzusehen. Die eigentümlichen Bedingungen, unter denen sie entstehen und leben, vermögen auch manche Abweichungen vom normalen Wurzelbau zu erklären. Der Mangel der Epidermis und einer primären Rinde, welch letztere man jedenfalls kaum zu unterscheiden vermag, erscheint nicht so unverständlich. Bis zu welcher Reduktion ist nicht die primäre Rinde bei den Wurzeln mancher Pflanzen mit endotropher Mykorrhiza gediehen! In solchen Wurzeln der Ericaceen schwindet bekanntlich die Rinde bis auf eine Zellage oder gänzlich. Und wer bezweifelt, in den Rindenwurzeln der Mistel metamorphe Wurzeln vor sich zu sehen? Haben die aber eine differenzierte Epidermis? Nein: sie wäre ihnen ja auch nur hinderlich, ebenso wie sie bei den völlig in den Dienst des Parasiten übergegangenen Auszweigungen der Wirtswurzel innerhalb der *Balanophora*-Knolle für den Parasiten nur unzweckmäßig erschiene.

Was den Mangel der Unterscheidbarkeit von Hadrom- und Leptomstrahlen in den Wurzelästen innerhalb der *Balanophora*-Knolle betrifft, so ist darauf hinzuweisen, daß gerade der zentrale Teil der Auszweigungen durch die ihn hier in Längsreihen stets durchsetzenden Thalluszellen des Parasiten am meisten gestört ist, und zwar offenbar schon von der Anlage an; denn in die durch den Parasiten angeregte Auszweigung

dringen die Elemente des Thallus offenbar schon zu einer Zeit vor, da dieselben noch jeder Differenzierung ermangeln.

Was endlich das Fehlen einer Wurzelhaube an den genannten Wurzelästen betrifft, so verhält es sich zwar tatsächlich so; allein, ich meine, auch darin wäre kein unüberwindliches Hindernis für die Auffassung, daß jene Auszweigungen — natürlich modifizierte — Wurzeln seien, gegeben. Auch rücksichtlich der Haube kennen wir ja Fälle genug, in denen wir es mit einer mehr oder weniger weitgehenden Rückbildung derselben zu tun haben. An den Rindenwurzeln der Mistel fehlt die Differenzierung einer solchen vollständig, an den Mykorrhizenwurzeln der Ericaceen ist sie nur andeutungsweise vorhanden.

Die Verhältnisse an den Vegetationsspitzen der Wirtswurzeläste in den *Balanophora*-Knollen bedürfen noch eingehender Studien. Nach dem bisher Gesehenen scheint mir, als ob ihr Vegetationspunkt sehr rückgebildet und eigentlich von einer Kappe überdeckt wäre, die embryonales Gewebe der *Balanophora* zu sein scheint.[1] Während die Wurzelauszweigungen im allgemeinen als Strombahn für die Zufuhr alles Nährmaterials für den Parasiten dienen, scheint das an ihrem Scheitel liegende embryonale Gewebe des Parasiten von dem ihm zugeführten Überfluß an Nährmaterial (die Endbahn dieser Zuleitung dürfte durch die obersten Thalluszellen hergestellt sein) auch an die meristematischen Elemente der Wurzelauszweigung abzugeben, beziehungsweise für ihre Ernährung zu sorgen. So kehrt sich hier das Verhältnis zum Teil vielleicht in der Weise um, daß an diesen Stellen lokal das Gewebe der Wirtswurzel von den Vorräten des Parasiten zehrt. Auch ist es noch zu prüfen, ob nicht an diesen Polen der Wurzeläste überhaupt die Hauptzellbildungs- und Zellvermehrungsstätten für den Körper der *Balanophora* vorliegen.

Wie gesagt, bedürfen diese Verhältnisse noch eingehender Prüfung und ich betone nochmals, daß es mir weniger darauf ankam und ankommt, die Auffassung zu vertreten, die vom Wirte in die *Balanophora*-Knolle entsendeten Auszweigungen

---

[1] Eine dies erläuternde Abbildung wird die angekündigte Abhandlung meines Assistenten bringen.

seien als Wurzeln zu bezeichnen, als vielmehr darauf, für dieselben den gewiß berechtigten Namen »Wurzeläste« oder »Wurzelauszweigungen« einzubürgern.

Zusammenfassend ließe sich etwa sagen:

1. Die Van Tieghem'sche Auffassung von dem Vorkommen von »Zentralzylindern« oder »Stelen« in der Knolle von *Balanophora*, die als dieser zugehörige Gewebe betrachtet werden, ist nicht richtig. Das, was er als »Zentralzylinder« bezeichnet, sind die Auszweigungen, welche die Wurzel der Nährpflanze in die Parasitenknolle entsendet. Nur die von Van Tieghem als Perizykel+Endodermis bezeichnete Scheide um die genannten Auszweigungen gehören in der Tat zum Gewebe des Parasiten.

2. Ebenso unrichtig ist Van Tieghem's Ansicht, daß die großen Zellen in jenen »Zentralzylindern«, d. h. in den Wurzelauszweigungen, ein Sekretionssystem der *Balanophora* seien; jene sind vielmehr der schon von Solms-Lanbach erkannte Thallus des Parasiten, mit dem er die in der Knolle befindlichen Auszweigungen der Nährwurzel durchwuchert.

3. Im Sinne Van Tieghem's ist nicht nur der endogen aus der Knolle entspringende Infloreszenzsproß, sondern auch die Knolle, somit die ganze *Balanophora*-Pflanze astelisch.

4. Bei der Diskussion der morphologischen Wertigkeit der aus der Wirtswurzel in die Parasitenknolle vordringenden Auszweigungen wird — vorläufig noch hypothetisch — eine sehr eigenartige Wachstumsweise dieser Auszweigungen erörtert, die, falls sie sich bewahrheitet, die Verlängerung und das Weiterwachsen jener Wirtswurzeläste durch das Parasitengewebe geleitet erscheinen läßt und lokal eine Ernährung von Geweben der Wirtswurzel durch das Parasitengewebe — also eine Umkehrung der normalen Verhältnisse — bedeuten würde.

Innsbruck, Botanisches Institut der Universität,
am 2. April 1908.

Über den Bau der Antennen bei einigen Catasetum-Arten

von

Hermann Ritter von **Guttenberg.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Mai 1908.)

I. Allgemeines.

Die Orchideengattung *Catasetum* stellt mit den weitgehenden dem Insektenbesuche dienenden Anpassungen ihrer Blüten wohl eine der blütenbiologisch interessantesten Pflanzengattungen vor. Was den für *Catasetum* im allgemeinen charakteristischen Blütenbau betrifft, so verweise ich mit Übergehung zahlreicher älterer hauptsächlich englischer Autoren[1] auf die genauen Angaben Darwin's[2] und deren teilweise Richtigstellung durch Rolfe.[3] In aller Kürze will ich nur folgendes zusammenfassend bemerken.

Catasetum entwickelt männliche und weibliche Blüten, deren weitgehende Verschiedenheit es bedingte, daß man letztere anfänglich als eigenes Genus auffaßte und diesem den Namen *Monachanthus* beilegte. Das von Darwin behauptete Vorkommen von Zwitterblüten beruht nach den genauen Untersuchungen von Rolfe[4] auf einem Irrtume, indem der von

---

1 Die ganze systematisehe Literatur für *Catasetum* findet man in der Bearbeitung brasilianischer Orchideen durch A. Cogniaux in Martius, Flora brasiliensis, Vol. III, Pars V, München 1902.

2 Darwin, Ch., Die verschiedenen Einrichtungen, durch welche Orchideen von Insekten befruchtet werden. Übers. von I. V. Carus, 2. Aufl., Ges. Werke, Bd. IX/2, Stuttgart 1899.

3 Rolfe, R. Allan., On the Sexual Forms of *Catasetum* with special reference to the Researches of Darwin and others.-Journal of the Linnean Society, Botany Vol. XXVII, 1891, p. 206—225, Plate VIII.

4 L. c.

Darwin als Zwitterform von *C. tridentatum* Hook. (= *C. macrocarpum* Rich.) aufgefaßte *Myanthus barbatus*, die männliche Blüte einer anderen Art, und zwar von *C. barbatum* Lindl. ist. Bei der männlichen Blüte — und nur diese interessiert uns hier — ist das Staubblatt am oberen zu einer vorgeneigten Spitze verlängerten Teile der Säule befestigt. Das kräftige Filament[1] erstreckt sich hier in der Medianlinie der Blüte nach abwärts und geht in seinem unteren Teile in die Anthere über, deren Pollinien durch ein Stielchen mit der Klebscheibe des Rostellums verbunden sind. Letztere ist an der Innenseite der Narbenkammer, und zwar im obersten Teile (an der Decke) angebracht. Zu beiden Seiten entspringt der Säule der männlichen Blüten etwas über dem Grunde der Narbenkammer je ein Fortsatz, der etwa die Gestalt eines geraden oder gekrümmten Hornes besitzt. Diese Organe, die Darwin nach ihrer Funktion als Fühlhörner oder Antennen bezeichnet hat, kommen dadurch zustande, daß von der Säule bandförmige Anhängsel ausgehen, die innen in der Nähe des Rostellums, außen aber erst in der Höhe der funktionslosen Narbe entspringen. Von dieser Stelle an treten sie frei hervor und sind der Länge nach mehr oder weniger dütenartig eingerollt. Von den derart zustande kommenden Hörnern ragt wenigstens eines, häufig aber auch beide über einen Teil des Labellums vor, welches grubig bis helmartig vertieft ist und bei zahlreichen Arten vor oder hinter der Grube einen Höcker besitzt. Die Blüten werden von Insekten aufgesucht — *C. tridentatum* Hook. nach Crüger[2] (Trinidad) von einer großen Hummelart — welche das Labellum, das ihnen in noch näher zu beschreibender Form Nahrung bietet, benagen. Dabei stoßen sie wohl unvermeidlich an eine der Antennen, was zur Folge hat, daß sich plötzlich die Klebscheibe vom Rostellum löst; nun streckt

[1] Vergl. die Abbildungen bei Darwin, l. c., und Haberlandt G., Sinnesorgane im Pflanzenreiche zur Perzeption mechanischer Reize, 1. und 2. Aufl., Leipzig 1901 und 1906. Darwin faßt die schnabelförmige Spitze der Säule als Filament auf und betrachtet den zugespitzten Teil oberhalb der Anthere als verlängertes Konnektiv.

[2] Crüger, H., A few Notes on the Fecundation of Orchids and their Morphology. Journal of the Proceedings of the Linnean Society, Botany, Vol. VII, 1864, p. 127—135, Plate IX.

sich das früher eingebogene und gespannte Stielchen gerade, wodurch es samt den damit verbundenen Pollinien und der Klebscheibe abgeschleudert wird, und zwar derart, daß letztere auf den Rücken des Insektes gelangt und hier festhaftet. Dieser ganze Vorgang wurde in seinen Details durch die Untersuchungen Darwin's aufgeklärt, der, was besonders wichtig ist, nachweisen konnte, daß nur die Berührung der Antennen zur Schleuderbewegung führt, während anderweitige Berührungen, Stöße, Verwundungen etc. wirkungslos bleiben. Eine wertvolle Ergänzung der Untersuchungen Darwin's brachte Crüger durch die direkte Beobachtung der Ausschleuderung beim Insektenbesuche, und zwar bei *C. tridentatum* Hook. auf Trinidad.

Im Verlaufe der ganzen Erscheinung können wir, um nunmehr den Ausführungen Haberlandt's[1] zu folgen, zwei verschiedene Bewegungen unterscheiden: eine Reizbewegung, die zur Trennung der Klebscheibe vom Rostellum führt und eine Schleuderbewegung, bewirkt durch den Ausgleich der Gewebespannung im Stielchen. Als reizperzipierende Organe fungieren die Antennen, die in Hinblick auf diese Funktion von Haberlandt an drei Arten, *C. Darwinianum* Rolfe, *C. macrocarpum* (aut.?)[2] und einer unbestimmten *Catasetum*-Spezies einer genauen anatomischen Untersuchung unterzogen wurden. Indem ich hier auf die ausführlichen Angaben Haberlandt's verweise, will ich nur die wichtigsten Resultate seiner Untersuchung hervorheben. Es ließen sich bezüglich des feineren Baues der Antennen zwei Typen unterscheiden. Den einen stellt *C. Darwinianum* dar, dessen symmetrische Antennen an der Spitze reichlich mit Fühlpapillen versehen sind. Diese treten meist in der Mitte der Epidermiszellen auf und die Außenwand der letzteren erfährt an der vorgewölbten Stelle eine leichte Verdünnung. Diesem

[1] Haberlandt, G., Sinnesorgane im Pflanzenreich zur Perzeption mechanischer Reize. 1. und 2. Aufl., Leipzig 1901 und 1906, p. 62—70 und Taf. III der 1. Aufl.

[2] Nach Haberlandt's Zeichnung und wegen der symmetrischen Antennen ist diese Art keinesfalls mit *C. tridentatum* Hook = *macrocarpum* Rich. identisch.

Typus gehört auch *C. macrocarpum* (aut.?) an, wogegen die Antennen der dritten unbestimmten Spezies einen ganz anderen Bau zeigten. Bei dieser fehlen Papillen vollständig, »dagegen ist die ganze Antenne nach Art einer starken Fühlborste gebaut«.[1] Die Antenne besteht nämlich an der Spitze ausschließlich aus mechanischen verholzten Elementen, welche sich nach rückwärts in ein an der Innenseite verlaufendes Sklerenchymband fortsetzen, das bis zur Basis reicht, welcher mechanische Elemente fehlen. Die Antenne muß also, wenn sie berührt wird, als ein biegungssteifer Hebel wirken, der den Stoß auf die Antennenbasis überträgt, die überdies infolge geringerer Dicke nach Art eines Scharniergelenkes fungiert. Demnach sind die an dieser Stelle befindlichen Zellen als eigentliche Perzeptionszellen anzusprechen.

Schon Darwin hatte darauf hingewiesen, daß die *Catasetum*-Arten keinen Honig ausscheiden und die Vermutung ausgesprochen, daß an dessen Stelle den Insekten ein in der Höhle des Labellums gelegenes Gewebe, welches sich durch einen »nahrhaften« süßlichen Geschmack auszeichne, als Nahrung diene. Crüger bestätigte diese Annahme durch die unmittelbare Beobachtung des Abfressens und Haberlandt erbrachte den anatomischen Nachweis, daß sich an bestimmten, und zwar nur in der Nähe der Antennen gelegenen Stellen der Oberseite des Labellums ein an plastischen Stoffen reiches Gewebe befinde, welches er als »Futtergewebe« bezeichnet. Porsch[2] hat dann die weite Verbreitung solcher Futtergewebe besonders bei Orchideen aufgefunden und die interessanten anatomischen und chemischen Verhältnisse derselben näher beschrieben.

Von den zahlreichen *Catasetum*-Arten sind, wie wir gesehen haben, bisher nur drei mit Rücksicht auf den anatomischen Bau der Antennen untersucht worden. Von einer Untersuchung weiterer Arten durfte man eine Ergänzung der

[1] Haberlandt, l. c., p. 67 (1. Aufl.).

[2] Porsch, O., Über zwei neue Insektenanlockungsmittel der Orchideenblüte. Österr. Botan. Zeitschr., LV, 1905, p. 165 ff. Derselbe, II. Weitere Untersuchungen über Futterhaare. Beiträge zur »Histologischen Blütenbiologie«. Österr. Botan. Zeitschr., LVI, 1906, p. 41 ff.

bisherigen Beobachtungen erhoffen, so z. B. in der Frage, ob zwischen den beiden schon bekannten Antennentypen Übergänge existieren, ob sie sich von einer gemeinsamen Grundform ableiten lassen, beziehungsweise ob eine solche heute noch bei gewissen Arten vorhanden sei, schließlich ob sich bei jenen Arten, bei welchen die Antennen nicht symmetrisch gebaut sind, anatomische Unterschiede zwischen denselben nachweisen lassen. Zu letzterem Punkte ist noch folgendes zu bemerken. Bei allen darauf untersuchten *Catasetum*-Arten mit symmetrischen Antennen zeigten sich diese gleich empfindlich; anders verhält es sich dort, wo nur die eine Antenne über das Labellum ragt, während die andere entweder schlaff herabhängt *(C. saccatum)* oder eingekrümmt der Säule unmittelbar anliegt *(C. tridentatum)*. Hier ist entweder nur die eine empfindlich, und zwar diejenige, welche über das Labellum vorspringt, so nach Darwin bei *C. saccatum*, oder aber es sind beide reizbar, wie bei *C. tridentatum*. Nur in ersterem Falle könnte man also erwarten, den Funktionsverlust auch im anatomischen Baue ausgedrückt zu finden, während im andern, der wohl den ersten Anfang einer Rückbildung bedeutet, höchstens sehr geringe Abweichungen zu vermuten wären. Leider stand auch mir *C. saccatum*, die einzige Art, für die der Funktionsverlust der einen Antenne sicher nachgewiesen ist, nicht zur Verfügung.

Nach diesen notwendigen Vorbemerkungen sollen im folgenden einige männliche *Catasetum*-Blüten mit besonderer Rücksicht auf die Antennen beschrieben werden. Auch den Futtergeweben mußte ich meine Aufmerksamkeit zuwenden, da nur durch ihr Vorhandensein und ihre Lage zu den Antennen der Insektenbesuch und die Reizung der letzteren bedingt wird. Wenn ich mich in diesem Punkte sehr kurz fasse, so geschieht es deshalb, weil von anderer Seite ausführliche Angaben darüber in nächster Zeit zu erwarten sind.

Zur Untersuchung stand mir je eine männliche in Alkohol konservierte Blüte folgender Arten zur Verfügung:

Catasetum barbatum Lindl.
» *fimbriatum* Lindl.
» *callosum* Lindl.

Catasetum ornithorynchos Porsch
» *splendens* Cogn.
» *tridentatum* Hook = *macrocarpum* Rich.
» *Trulla* Lindl.
» *cernuum* Reichb. fil.

Die Blüten stammten zum Teile aus dem Materiale der unter Leitung Prof. Dr. R. R. v. Wettstein's im Jahre 1901 ausgeführten Expedition nach Brasilien, zum andern Teile aus dem k. und k. Hofgarten in Schönbrunn bei Wien, schließlich auch aus den Orchideengroßkulturen von O. Beyrodt in Marienfelde-Berlin. Den genannten Herren, besonders aber auch Prof. Dr. G. Haberlandt, durch dessen Vermittlung ich den größten Teil der Blüten erhielt, sage ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank.

II. Spezielle Untersuchungen.

1. Catasetum Trulla Lindl.

Die männliche Blüte von *Catasetum Trulla* ist ziemlich klein. Die paarigen Petalen und die Sepalen sind fast gleichartig, schmal; erstere sind wie das dorsale Kelchblatt aufgerichtet, während die lateralen Kelchblätter nach abwärts neigen. Das Labellum, welches senkrecht zur Säule steht, ist ausgesprochen herzförmig und mißt in seiner Länge und größten Breite ungefähr je 3 *cm*. Es ist ziemlich flach (Fig. 4, Taf. I) und weist nur an der Basis der Säule eine kleine Vertiefung auf, die durch einen Höcker begrenzt wird, an den sich nach vorne zu eine seichte Grube anschließt. Die Ränder der Spitze neigen etwas nach abwärts und sind leicht gebärtet, während die seitlichen Randpartien fast horizontal liegen und ganzrandig sind.

Die Antennen sind vollkommen gleichartig. Sie entspringen der Säule etwa 3 *mm* über dem Labellum, wenden sich gleich nach abwärts und liegen, nunmehr aneinandergrenzend, dem Labellum in der Mitte auf. Sie reichen etwas über die Hälfte des Labellums und erreichen dabei eine Länge von zirka 12 *mm*; schließlich wenden sich ihre Spitzen in rechtem Winkel nach auswärts. Die anatomische Betrachtung der

Antennen lehrt, daß sie fast ganz frei von Papillen sind und ihnen mechanische Elemente fehlen. Ihre äußere Epidermis besteht aus langgestreckten prosenchymatisch verkeilten Zellen mit fast ebenen kräftigen Außenwänden. Darunter folgen in vier bis sechs Lagen gleichfalls langgestreckte, aber im allgemeinen dünnwandige Zellen; nur an den Antennenrändern zeigen letztere allseitige Membranverdickung. Die innere Epidermis besitzt ungewöhnlich zarte Außenwände und ist, wie dies Haberlandt auch für *C. Darwinianum* beschrieben hat, zum Teil resorbiert.

Gehen wir nunmehr zur Anatomie des Labellums über, so können wir folgendes sagen. Die Epidermis der Grube ist fast eben, ihre Zellen sind allseits gänzlich unverdickt. Am Querschnitt erscheinen sie palisadenartig angeordnet, doch zeigt die Oberflächenansicht, daß es sich um etwas langgestreckte, ziegeldachartig verkeilte Zellen handelt. Der Epidermis schließen sich vier bis acht ähnlich gebaute Zellagen an, deren Elemente jedoch die doppelte Breite besitzen. Alle bisher genannten Zellen enthalten reichlich dichtes, trübes Plasma mit großen Zellkernen, von der dritten oder vierten Lage an auch Leukoplasten mit kleinen Stärkeeinschlüssen. Ihr Inhalt gibt mit Millon'schem Reagens behandelt eine intensive Eiweißreaktion Besonders die Epidermis und die darunter befindliche Zellage färben sich in ihrem Plasma und ihren Kernen intensiv dunkelrot, während die tieferen Lagen geringere Färbung mit einem Stich ins Gelbe zeigen. Es ist klar, daß wir in diesem Gewebe das Futtergewebe der Blüte vor uns haben. Sein hoher Eiweißgehalt und die Zartwandigkeit der Zellen, welche ein leichtes Abfressen ermöglicht, lassen es ohneweiters als solches erkennen. Auf das Futtergewebe folgen meist zehn Lagen großer Zellen, welche plasmaarm sind und schwache netzartige Verdickungen besitzen, schließlich die untere Epidermis mit dicken vorgewölbten Außenwänden. An der Grenze des Futtergewebes verlaufen Gefäßbündel, deren Leptom besonders stark entwickelt und sehr eiweißhältig ist. Das beschriebene Nährgewebe kleidet die ganze Grube aus; dagegen findet sich zu beiden Seiten derselben eine stoffarme Epidermis, die der der Unterseite sehr ähnlich ist, also dicke Außenwände besitzt. Die

Ränder der Spitze des Labellums besitzen eine Epidermis, deren Außenwände als dickwandige Papillen vorspringen. Offenbar dient die dadurch erreichte Rauhigkeit dazu, den Insekten das Niederlassen auf der Blüte zu erleichtern.

Fragen wir uns nun, wie wir nach dem anatomischen Bau die Biologie der Blüte zu beurteilen haben, so läßt die Tatsache, daß die Antennen dem Futtergewebe unmittelbar aufliegen, nachstehende Deutung zu: Ein Insekt, das zu der ihm gebotenen Nahrung gelangen will, muß notwendig die Antennen berühren. Ferner dürfte diese Berührung während des Abfressens ziemlich oft erfolgen und kann keine allzu zarte sein. So kann es uns nicht wundern, wenn feinere Perzeptionsapparate, wie Fühlpapillen hier fehlen. Die ganz vereinzelt auf den Antennen auftretenden Papillen können als solche wohl nicht gedeutet werden, und zwar um so weniger, als sie nur wenig vorspringen und keinerlei Membranverdünnung aufweisen. Immerhin ist ihr Vorkommen interessant, da sie möglicherweise als phylogenetische Vorstufen von Fühlpapillen, die ja tatsächlich bei *Catasetum*-Arten vorkommen, gedeutet werden können. Wie gesagt, kann auf Grund der Lage der Antennen bei *C. Trulla* der Mangel an Fühlpapillen nicht besonders auffallen. Dagegen scheint mir eine andere Eigentümlichkeit im Bau der Antennen von *C. Trulla* sehr bemerkenswert zu sein und vielleicht — wenigstens phylogenetisch genommen — das mechanische Grundprinzip dieser Sinnesorgane auch bei allen anderen Arten vorzustellen. Es ist die Tatsache, daß die Antennen mit Ausnahme der Stelle, an welcher sie der Säule entspringen, mehr oder weniger der Länge nach eingerollt sind. Durch diese Einrollung wird aus bekannten mechanischen Gründen eine sehr erhebliche Aussteifung derselben bewirkt. Es hat dies zur Folge, daß die Antenne ein verhältnismäßig steifes Rohr darstellt, das an der Stelle, wo die Einrollung aufhört, in ein leicht zu biegendes Band übergeht. Jede Antenne wirkt dadurch im Prinzipe wie ein mit einem Scharnier verbundener Hebel und es muß jeder Stoß, der die Antenne trifft, auf diese Gelenkstelle übertragen werden. Dabei ist es natürlich nicht notwendig, daß Unterschiede in der Wanddicke an beiderlei Stellen auftreten. Finden

sich aber solche vor, und zwar derart, daß vor allem die Epidermisaußenwände an der Basis zarter werden, so stellt dies einen weiteren Grad der Anpassung vor. Letzteres ist bei *C. Trulla* nur wenig, bei anderen später zu beschreibenden Arten aber deutlich der Fall.

Bei *C. Trulla* dürfte das Insekt, das das Labellum benagt, die Antennen mit dem Kopfe auseinanderschieben. Dafür spricht das Auseinanderspreizen der Antennenspitzen und die Beweglichkeit der Antennen in seitlicher Richtung, nämlich nach auswärts. Dieselbe wird dadurch bedingt, daß die — übrigens ziemlich starke — Einrollung der Antennen an den einander zugekehrten (Innen-) Seiten beginnt, d. h., daß die Ränder nach innen zu eingeschlagen sind (Fig. 4, Taf. I), was, wie gleich hier bemerkt sein mag, nicht bei allen Arten der Fall ist. Das in Wasser aufgeweichte Alkoholmaterial gestattet es, sich von der Richtigkeit des Gesagten zu überzeugen. Schon bei geringer Berührung der Antennen bewegen sich diese an der Basis, jedoch nur dann, wenn dabei der Druck seitlich nach außen wirkt, also etwa dann, wenn man eine Bleistiftspitze zwischen die Antennen schiebt. Zu einer Bewegung der Antennen in jeder anderen Richtung ist ein erheblich stärkerer Druck notwendig. Die Mechanik der Antennen kann man übrigens leicht nachahmen, indem man einen schmalen Papierstreifen nach Art der Antennen einrollt und an der Basis befestigt. Bei einem leichten Herabdrücken der Spitze biegt er an der Basis ab.

Catasetum fimbriatum Lindl.

Die männliche Blüte von *C. fimbriatum* ist von ansehnlicher Größe. Auch hier sind die seitlichen Petalen und die Kelchblätter ähnlich gestaltet, erstere und das dorsale Kelchblatt hinter der Säule steil aufgerichtet; die anderen Sepalen wenden sich nach abwärts. Das Labellum besitzt einen herzförmigen Umriß und weist etwa in seiner Mitte eine tiefe Grube auf (Fig. 5, Taf. I), an welche sich vorn ein hornartiger Vorsprung anschließt. Der Rand des Labellums ist an den Seiten, noch mehr aber an der Spitze herabgeschlagen und tief

zerschlitzt. Die Säule steht senkrecht zur Basis des Labellums und trägt zwei symmetrische Antennen, welche frei über die Grube bis etwas über deren Mitte ragen (Taf. I, Fig. 5), einen flachen Bogen beschreiben und sich an den Spitzen berühren und hier etwas kreuzen. Wir wollen gleich zu ihrem Bau übergehen.

Die Oberflächenansicht zeigt zunächst wieder lange prosenchymatische Zellen mit ziemlich starken Außenwänden. Weder an der Spitze noch weiter rückwärts sind echte Papillen zu finden; dagegen fallen auf der Unterseite eigentümliche Vorwölbungen auf, die im ersten Momente Papillen vortäuschen. Wie eine nähere Betrachtung lehrt, handelt es sich dabei nicht um Vorwölbungen der Außenwand, die innen von Plasma ausgekleidet sind, sondern um Gebilde, die folgendermaßen zustande kommen. Die Cuticula (Taf. II, Fig. 6) ist über eine kurze Strecke blasig abgehoben und der Zwischenraum zwischen ihr und den Zelluloseschichten wird von einer körnigen Masse ausgefüllt, die sich zunächst nur durch ihre gröbere Struktur vom Plasma der Zelle unterscheidet. Läßt man aber Chlorzinkjod einwirken, so verquillt die Substanz, sie wird homogen und färbt sich grauviolett. Es scheint sich also hier um eine eigentümliche Modifikation von Zellulose zu handeln, die wohl aus der äußersten Zelluloselamelle der Außenwand hervorgegangen sein dürfte. Dem möglichen Zwecke dieser Wärzchen wollen wir uns später zuwenden und zunächst den inneren Bau der Antennen schildern. Diese sind, wie es der Querschnitt (Fig. 10, Taf. I) zeigt, ziemlich stark eingerollt, ihre Ränder treten erst an der Basis, und zwar an der Unterseite etwas nach außen zu auseinander. Die Zellen beider umgeschlagenen Ränder sind erheblich verdickt (Taf. II, Fig. 5), sonst sind sie durchwegs zartwandig und sämtlich langgestreckt. Die innere Epidermis zeigt dasselbe Aussehen wie bei *C. Trulla*, d. h., auch hier sind ihre Zellen kaum verdickt und zum Teil zugrunde gegangen. Ich verfolgte bei *C. fimbriatum* diesen Prozeß näher und konnte feststellen, daß er dadurch zustande kommt, daß sich die Cuticula über größere Strecken abhebt (Taf. II, Fig. 7), die Epidermiszellen sich von einander lösen, sich abrunden und zum Teile absterben.

Die Verdickung der Ränder beginnt schon an der Spitze und setzt sich gegen die Basis zu fort, wobei sie aber am äußeren Rande der Antenne allmählich abnimmt. Im letzten Drittel stellt sich dann am inneren Rande eine mit Phloroglucin-Salzsäure nachweisbare Verholzung aller Zellen, die zwischen den Epidermen liegen, ein, während der äußere Rand sowie der übrige Teil der Antenne immer zartrandiger wird. An der Basis ist dann die Außenwand aller Epidermiszellen mit Ausnahme des inneren noch etwas umgeschlagenen Randes fast unverdickt, viel dünner als im vorderen Teile der Antenne; die Zellen sind kürzer, breiter und plasmareicher. Ihre Cuticula ist an den Zellgrenzen etwas abgehoben (Taf. I, Fig. 11, vergl. bezüglich der Außenwanddicke die bei gleicher Vergrößerung gezeichnete Fig. 6, Taf. II). Nur am inneren Rande bleiben die Epidermisaußenwände dickwandig, ebenso ein schmaler, etwa drei Zellagen breiter Streifen zwischen den Epidermen, der auch leichte Verholzung der Mittellamellen aufweist.

Betrachten wir noch kurz die Anatomie des Labellums, so finden wir, daß wieder ein eiweißreiches, in tieferen Lagen auch stärkehältiges Futtergewebe vorhanden ist, welches am vorderen Höcker beginnt und die Grube auskleidet. Wieder sind die Außenwände zart und die Cuticula liegt ihnen nur lose auf (Taf. I, Fig. 7), was durch eine Verquellung der äußersten Zelluloseschichte zustande zu kommen scheint. Der Rand des Labellums ist allseits mit großen dickwandigen Epidermiszellen versehen. Wir sehen also, daß das Futtergewebe das Insekt unter die Antennen lockt, die es dann mit seinem Rücken streifen muß. Dadurch werden diese etwas gehoben, ein Vorgang, der leicht durch das Einführen eines Bleistiftes in die etwas aufgeweichte Blüte nachgeahmt werden kann. Wie erwähnt, sind die Antennen derart eingerollt, daß ihre Ränder sich nach abwärts wenden und sich somit der Schlitz auf der Unterseite befindet und hier öffnet. Das basale Gelenk liegt also derart, daß die leichteste Bewegung der Antennen nach aufwärts stattfinden kann, wie sie ja auch beim Insektenbesuche tatsächlich erfolgen muß. Daß die Dickwandigkeit der äußeren Epidermis der Antennen sowie der Ränder derselben eine erhebliche Aussteifung dieser Organe

bedingt, braucht nicht weiter erläutert zu werden, ebensowenig, daß die Zartwandigkeit der Basis deren Gelenkfunktion unterstützt. Die Tatsache, daß ein schmaler Streifen verdickter Zellen sich am inneren Rande noch weiter nach aufwärts zu erstreckt, kann diese Funktion nicht wesentlich stören. Vielleicht ist diese geringe Festigung für das Erhalten der ausgestreckten Lage der Antenne notwendig. Die beschriebenen kleinen Wärzchen im mittleren Teile der Antenne sind vielleicht dadurch von Bedeutung, daß sie die Oberfläche rauh machen und dadurch die Reibung beim Anstreifen des Insektes erhöhen.

Catasetum ornithorhynchos Porsch.

Diese Spezies zeigt mit *C. fimbriatum* so weitgehende Ähnlichkeiten, daß sie hier im allgemeinen nicht näher beschrieben zu werden braucht.

Umso auffallender muß der zum Teile abweichende Bau der äußerlich fast gleichgestalteten und gleich gelegenen Antennen erscheinen. Betrachtet man deren Spitzen bei stärkerer Vergrößerung, so fällt sofort eine eigentümliche Struktur an zahlreichen Epidermisaußenwänden auf. Untersucht man diese im optischen Längsschnitte in der Zellmitte, so weisen sie keinerlei Besonderheiten auf, dagegen erscheinen sie an den Grenzen der Radialwände wie gekerbt. Die Betrachtung günstig gelegener Zellen mit Objektiven für homogene Immersion läßt dann unzweifelhaft erkennen, daß hier Außenwandtüpfel ausgebildet sind, in welche Plasmafortsätze hineinragen. Diese Tüpfel erscheinen bei Oberflächenbetrachtung der Antennenspitze in dem Momente, wo beim Senken des Objektives eben die Grenze zwischen Außenwand und Radialwand deutlich sichtbar wird. Sie erinnern in ihrer Lage also sehr an die von Haberlandt für die Köpfchenepidermis der *Drosera*-Tentakel beschriebenen Tüpfel. In Fig. 12, Taf. I ist ein Teil einer tüpfelführenden Epidermiszelle von *C. ornithorhynchos* bei sehr starker Vergrößerung abgebildet. Zu dieser Figur muß noch folgendes bemerkt werden. Die Epidermiszellen der Spitze liegen mit ihren Außenwänden nicht genau in der Oberfläche eines Kegels, sondern es sind diese Wände bei einigen Zellen

fast flach, bei anderen dagegen stark vorgewölbt. Nur an den Rändern dieser vorgewölbten Zellen konnte ich die Tüpfel mit Sicherheit nachweisen. Fig. 12, Taf. I stellt den mittleren Teil einer solchen Zelle dar, und zwar war die in der Zeichnung obere Wandpartie bei der Betrachtung etwas höher gelegen als die untere; erstere befand sich eben an der höchsten Stelle der unzerschnittenen Antennenspitze, während letztere entsprechend der Rundung der Spitze etwas tiefer lag. Man konnte daher bei gleicher Einstellung die Tüpfel an der Grenze der oberen Radialwand fast genau im optischen Querschnitte sehen, während die an der unteren Wand gelegenen als dunkle halbkreisförmige Einwölbungen erschienen, wie dies in der Abbildung zum Ausdrucke gebracht ist. Die den Nachbarzellen angehörigen Teile der Radialwände liegen etwas tiefer und es treten an ihnen niemals korrespondierende Tüpfel auf. Die Zellen mit Außenwandtüpfeln sind auf eine kurze Strecke der Spitze beschränkt und besitzen wie auch die übrigen Epidermiszellen der Spitze auch an den Radial- und Innenwänden Tüpfel. Das innere Gewebe der Antenne ist zart, nur der innere Rand ist im basalen Antennenteile etwas verdickt und die Zellen sind hier in den Mittellamellen etwas verholzt. — Entsprechende Querschnitte durch die haarfeine Spitze der Antenne konnte ich leider bei dem geringen mir zur Verfügung stehenden Material nicht erlangen; auch wollte die Isolierung der Protoplasten, wie sie Haberlandt bei *Drosera* durch Zusatz von Schwefelsäure erreicht hat, nicht gelingen. — Ich glaube nicht zu weit zu gehen, wenn ich die beschriebenen Außenwandtüpfel mit der Funktion der Antennen in Zusammenhang bringe und sie als Fühltüpfel bezeichne. Ihre Lage an der der Berührung zunächst ausgesetzten Spitze der Antenne und ihre große Ähnlichkeit mit den bei *Drosera* vorkommenden lassen diesen Schluß wohl berechtigt erscheinen.

Catasetum barbatum Lindl.

Diese Art wurde, wie schon eingangs bemerkt, von Darwin als *Myanthus barbatus* beschrieben und fälschlich für eine zu *Catasetum tridentatum* gehörige Zwitterblüte gehalten. Ich kann hier auf die Angaben und die Abbildung Darwin's

(p. 170) verweisen, muß aber bemerken, daß die von mir untersuchte männliche Blüte nicht unerheblich von der von Darwin beschriebenen abwich. Die Unterschiede zeigten sich im Labellum, das bei der von mir untersuchten Pflanze nur zu beiden Seiten des herabhängenden Teiles (Taf. II, Fig. 11) stark gebärtet, an der Basis dagegen nur wenig zerfranst war, während nach Darwin's Abbildung die Bärtung gleichmäßig stark um das ganze Labellum ausgebildet ist. Ferner entspringt dem Labellum bei Darwin vor der tiefen Grube ein eigentümlich gestaltetes Horn, während die mir zur Verfügung stehende Blüte neben diesem mittleren (Taf. II, Fig. 11) noch zwei seitliche Vorsprünge besaß, die alle nicht sichelförmig, sondern eher dreieckig ausgebildet waren. Es ist nicht meine Aufgabe, hier auf den Grund dieser Verschiedenheiten einzugehen, doch möchte ich darauf verweisen, daß nach Cogniaux[1] das Horn an seinem Grunde manchmal dreigeteilt ist. Es scheint also in meinem Falle eine abnorme Vergrößerung der seitlichen Partien vorgelegen zu sein.

Die gleichartigen Antennen erstrecken sich bis zum mittleren Horn, das sie beiderseits flankieren (Taf. II, Fig. 11). Sie besitzen, wie schon Darwin (l. c., p. 174) bemerkte, keine Papillen, sondern eine glatte Epidermis, ganz ähnlich wie *Catasetum Trulla*, mit dessen Antennen sie im anatomischen Bau überhaupt so weitgehend übereinstimmen, daß auf das dort Gesagte verwiesen werden kann. Nur sind bei *C. barbatum* die kurzen Epidermiszellen der Spitze in ihrer ganzen Ausdehnung stark vorgewölbt, ferner nehmen die Epidermiszellen in ihrer Außenwanddicke gegen die Basis zu erheblich ab. Im vordersten Drittel der Antenne beträgt die Dicke der Außenwände durchschnittlich 4 μ, an der Basis dagegen nur 2 μ. Die Antennen sind nur 6 *mm* lang, ihre Einrollung beginnt ähnlich wie bei *C. Trulla* innenseitig etwas nach abwärts zu (Taf. II, Fig. 11).

Suchen wir nunmehr nach dem Futtergewebe, so zeigt es sich, daß das mittlere Horn fast in seiner ganzen Ausdehnung aus solchem besteht, indem es deutliche Eiweißreaktion gibt,

[1] L. c.

die an der Oberfläche am stärksten ist und gegen die Basis zu abnimmt. Die Epidermisaußenwände sind dünn, Stärke scheint hier gänzlich zu fehlen. Auch die seitlichen Hörner zeigen, jedoch in geringerem Maße, Rotfärbung bei Behandlung mit Millon'schem Reagens.

Wir haben uns also den Insektenbesuch wohl derart vorzustellen, daß das Tier sich an den herabhängenden bärtigen Zipfel anklammert, um die Hörner (beziehungsweise das Horn) zu benagen. Bei dem Abfressen des mittleren muß es mit dem Kopfe zwischen die Antennen gelangen und diese, wenn auch nur in geringem Maße, seitlich auseinanderschieben, zu welcher Bewegung die Antennen durch ihre Steifheit, die Lage des Gelenkes und die Zartwandigkeit der Zellen an der Basis präformiert erscheinen.

Catasetum callosum Lindl.

Da mir von dieser und der folgenden Spezies nur je eine Säule zur Verfügung stand, kann ich eine genaue Beschreibung der Blüten nicht geben und verweise für *C. callosum* auf die Angaben Darwin's und die Abbildung im »Botanical Magazine«.[1]

Der Bau des Labellums ist dem von *C. Darwinianum* Rolfe (vergl. die Abbildung bei Haberlandt, l. c., Taf. III, Fig. 1 und 2) im großen ganzen ähnlich. Es tritt nämlich auch hier an der Basis des Labellums ein Höcker auf, an welchen sich nach vorne zu eine Grube anschließt; das zugespitzte Ende des Labellums wendet sich nach abwärts.

Die Antennen sind vollkommen symmetrisch und schließen zangenförmig gekrümmt den vorspringenden Höcker ein. Ihre Länge beträgt zirka 10 *mm*. Sie sind, was schon Darwin aufgefallen ist, fast in ihrer ganzen Länge von Papillen bedeckt, indem über eine zirka 3 *mm* lange Strecke, von der Spitze an gerechnet, sämtliche Epidermiszellen Papillen tragen und auch weiter rückwärts, bis gegen die Basis der Antennen zu, zahlreiche Zellen der äußeren Epidermis solche besitzen. Die Papillenwände (Taf. I, Fig. 1) sind, wie die ganze Epidermisaußenwand, zart und weisen an ihrer Basis einen etwas

[1] Curtis, Botanical Magazine, 3d Series, Vol. IV, Tab. 4219.

dickeren Membranring auf, wie ihn Haberlandt wiederholt an Fühlpapillen beobachtet hat. Die Epidermiszellen enthalten einen wandständigen Plasmaschlauch, der die Papillen ganz ausfüllt und hier ein eigentümlich schaumiges Aussehen zeigt. Der Zellkern liegt fast regelmäßig an der Basis der Zelle, der Papille gegenüber (Taf. I, Fig. 1).

Ein die Blüte besuchendes Insekt wird jedenfalls in der Grube, vor allem auch am Höcker Futtergewebe finden. Dabei muß es seinen Kopf zwischen die Antennen einführen und wird diese streifen und reizen. Auch können dabei die Antennen nach auswärts bewegt werden, da ihre Gelenkstelle wie bei *C. Trulla* gelegen ist.

Catasetum cernuum Reichb. fil.

Auch diese Art gehört wie die vorherbeschriebene dem Typus an, bei welchem das relativ flache Labellum einen Höcker und davor eine Grube besitzt. Der Antennenverlauf ist insofern ein anderer als bei *C. callosum*, als diese Organe sich zunächst an die Basis des Labellums herabsenken, dann aber ziemlich stark aufkrümmen und dabei etwas auseinanderspreizen. Sie erinnern so in ihrer Gestalt etwa an die Stoßzähne eines Elefanten. Infolge ihrer beträchtlichen Länge — zirka 16 *mm* — ragen sie ungefähr 3·5 *mm* über den Höcker des Labellums, den sie beiderseits flankieren, hinaus. Die äußere Epidermis der Antennen ist, wie ihr ganzes Gewebe überhaupt, ziemlich zartwandig, Papillen fehlen ihr vollkommen. Sehr auffallend ist es, daß bei dieser Art jede Antenne zwei Spitzen besitzt. Die Antennen teilen sich nämlich an der Spitze in zwei Zipfel, von denen einer vorragt und die eigentliche Endspitze bildet, während der andere sehr kurz ist, zirka $1^1/_2$ *mm* vor der Spitze endet und wie ein kleiner Sporn der Unterseite der Antenne aufsitzt (Taf. II, Fig. 9). An beiden Enden gehen die sonst langgestreckten flachen Epidermiszellen in kurze über, deren Außenwände in ihrer ganzen Ausdehnung stark vorgewölbt und sehr zart sind (Taf. II, Fig. 10).

Der geschilderte Bau der Antennen kann kaum anders gedeutet werden, als daß er den Zweck hat, dem den Höcker aufsuchenden Insekt zwei Widerstände entgegenzusetzen.

Streift dieses die etwas auswärts gekehrten Spitzen nicht, so muß es doch den weiter innen liegenden »Sporn« berühren. Die starke Vorwölbung und Zartwandigkeit aller Zellen an den Spitzen läßt in diesen die Perzeptionsorgane vermuten.

Catasetum splendens Cogn.

C. splendens besitzt große Blüten, deren Blätter sternartig angeordnet sind, indem das dorsale Kelchblatt nach aufwärts gewendet ist, die paarigen Petalen seitlich abstehen und die beiden übrigen Kelchblätter sich nach abwärts wenden. Das Labellum zeigt auch hier im allgemeinen herzförmige Gestalt, besitzt eine ziemlich tiefe Grube (Taf. I, Fig. 2), welche an den Seiten in einen fast horizontalen Rand übergeht. Die vordere Wand der Grube ist dick und fleischig, viel mächtiger als die rückwärtige.

Die Antennen unterscheiden sich von den bisher beschriebenen Arten zunächst dadurch, daß sie asymmetrisch sind. Die linke etwas längere wendet sich von ihrer Ursprungsstelle nach vorne, und zwar etwas nach rechts (von der Blüte, nicht vom Beschauer aus genommen), so daß sie die Medianlinie der Grube kreuzt. Sie ragt dabei frei bis etwa in die Mitte des Labellums (Taf. I, Fig. 2). Die rechte Antenne dagegen wendet sich von ihrer Ursprungsstelle nach abwärts bis fast an die Basis der Säule und krümmt sich dann in der gleichen Ebene halbkreisförmig nach aufwärts (Taf. II, Fig. 3). Die Verhältnisse liegen also ähnlich wie bei dem von Darwin beschriebenen *C. tridentatum*, doch ist das Labellum in der natürlichen Lage der Blüte nach abwärts gekehrt und nicht nach aufwärts wie bei *C. tridentatum*. Ob beide Antennen reizbar sind oder nur eine, konnte ich leider nicht in Erfahrung bringen. Schon makroskopisch fällt es auf, daß die Antennen von *C. splendens* breiter und weniger eingerollt sind als bei allen bisher beschriebenen Arten; ihre Ränder sind nur soweit nach abwärts geschlagen, daß sie sich eben oder kaum berühren (Taf. I, Fig. 9). Dabei verläuft die Rinne bei der vorgestreckten Antenne zuerst außen, jedoch etwas nach abwärts zu, um schließlich gegen die Spitze zu ganz an die Unterseite zu gelangen, an der sie sich an der rückwärtigen Antenne von allem Anfang an befindet.

Der anatomische Bau der vorgestreckten Antenne ist folgender. Die äußere Epidermis weist ziemlich dicke Außenwände auf, ihre Zellen sind auch hier langgestreckt, prosenchymatisch, werden aber an der Spitze kürzer und tragen hier, besonders an der kappenartig nach abwärts gewendeten Oberseite, Papillen (Taf. II, Fig. 8). Solche finden sich auch vereinzelt auf der Unterseite der vorderen Antennenhälfte verstreut. Sie entspringen im allgemeinen in der Zellmitte und enthalten meist den vom Plasma umgebenen Zellkern. Die Epidermisaußenwand zeigt an der Papillenspitze in der Regel eine schwache Verdünnung. Die große Festigkeit der vorgestreckten Antenne wird dadurch bedingt, daß ihre Ränder ähnlich wie bei *C. fimbriatum* Zellen mit verdickten Wänden besitzen, die am inneren Rande in der basalen Hälfte der Antenne auch verholzt sind. Gegen die Basis zu zeigt sich eine bemerkenswerte Abnahme in der Dicke der Epidermisaußenwände, auch fehlt hier die starke Verdickung sowie die Verholzung der Randzellen. Die rechte rückwärtige Antenne ist viel weicher als die vorgestreckte, was darin seinen Grund haben dürfte, daß ihr die starke Verdickung und Verholzung besonders des inneren Randes fehlt und daß sie noch weniger eingerollt ist. Im übrigen ist sie ganz ähnlich gebaut wie die linke und besitzt gleichfalls Papillen an der Spitze. Zahl und Bau der Papillen sind an beiden Antennen kaum verschieden.

Fast das ganze Polster, welches auf der Vorderwand der Grube des Labellums liegt (Taf. I, Fig. 2), besteht aus Nährgewebe. Zu oberst findet man eine am Querschnitte palisadenartig erscheinende Epidermis (Taf. I, Fig. 6) mit verhältnismäßig zarten Außenwänden und sich etwas abhebender Cuticula; darauf folgen in etwa zehn Lagen Zellen, die wie die Epidermis plasmareich sind und sehr deutliche Eiweißreaktion geben, außerdem aber reichlich Stärke enthalten. Die rückwärtige Wand des Labellums hat derbere Epidermisaußenwände und viel geringeren Nährstoffgehalt. Die Ränder des Labellums schließlich besitzen eine aus großen Zellen mit dicken Außenwänden bestehende Epidermis (Taf. I, Fig. 8), die nur dünne plasmatische Wandbelege zeigt.

Ein die Blüte besuchendes Insekt wird sich vor allem dem beschriebenen vorn liegenden Polster zuwenden und beim Abfressen desselben die vorgestreckte Antenne berühren. Ob dabei die Perzeption durch die wenigen Papillen erfolgt oder infolge der Hebelfunktion der Antenne an deren Basis oder ob vielleicht beides der Fall ist, muß natürlich unentschieden bleiben.

Catasetum tridentatum Hook.

(*C. macrocarpum* Rich.)

Diese Art hat Darwin so genau beschrieben, daß ich im allgemeinen auf seine Angaben verweisen kann. Ich will nur kurz daran erinnern, daß die Blüte mit dem Labellum nach aufwärts gerichtet ist und dieses ausgesprochen helmförmige Gestalt besitzt. Die übrigen Blätter der Blüte neigen gleichfalls helmartig zusammen, so daß nur eine allseits begrenzte verhältnismäßig kleine Lücke für das Insekt offen bleibt.

Die Antennen sind asymmetrisch und liegen ganz ähnlich wie bei *C. splendens*. Die linke etwas längere Antenne ragt frei nach vorn und beschreibt dabei eine sehr offene S-förmige Kurve (Taf. II, Fig. 3), während die viel weichere rechte Antenne der Säule fast anliegt und hakenförmig gekrümmt ist (Taf. II, Fig. 4). Nach Darwin sind beide Antennen empfindlich, ob im gleichen Maße, konnte er anscheinend nicht entscheiden. Sie sind ziemlich schlank, ihre Rinne verläuft an der Unterseite, ihre Länge ist annähernd die gleiche, nämlich zirka 20 *mm*. Die Oberflächenbetrachtung zeigt, daß die Zellen der äußeren Epidermis außer ordentlich langgestreckt, aber nur wenig verdickt sind. Gegen die Spitze der Antenne zu werden die Epidermiszellen kürzer und viele von ihnen tragen hier Papillen (Taf. II, Fig. 1). Diese entspringen meist in der Mitte der Zelle, sind von Plasma ausgekleidet und enthalten häufig, doch nicht immer den Zellkern. Die Epidermisaußenwand verdünnt sich an der Spitze der Papillen sehr deutlich (Taf. II, Fig. 2). Die gegebene Beschreibung kann für beide Antennen gelten, da sich dieselben anatomisch nicht wesentlich unterscheiden. Wie sich die auch am Alkoholmaterial noch bestehende bedeutend größere Festigkeit der

vorgestreckten Antenne erklären läßt, konnte ich nicht entscheiden, denn beide Antennen zeigen fast die gleichen Membranverhältnisse und beiden fehlt die bei *C. splendens* vorkommende Verholzung.

Das ganze Labellum ist auf seiner Innenseite von Futtergewebe ausgekleidet. Doch war dasselbe an der von mir untersuchten Blüte, im Vergleich zu anderen Arten, spärlich entwickelt, indem nur die zartwandige Epidermis und die darunter befindliche Zellage deutliche Eiweißreaktion gaben.

Der Insektenbesuch wurde, wie schon früher erwähnt, von Crüger beobachtet. Das Insekt muß durch die freie Lücke zwischen Labellum und den übrigen zusammenneigenden Blütenblättern einkriechen und benagt zunächst die vordere Wand des Labellums, wobei es an die Spitze der vorgestreckten Antenne stößt.

III. Schlußbemerkungen.

Ich habe mich im vorhergehenden auf eine Beschreibung der Antennen bei den einzelnen Arten beschränkt und möchte schließlich alle bisher untersuchten Antennen einer kurzen vergleichenden Betrachtung unterziehen.

Wir haben gesehen, daß bei sechs Spezies, nämlich bei der von Haberlandt untersuchten unbestimmten Art, ferner bei *C. barbatum*, *C. cerinum*, *C. fimbriatum*, *C. ornithorhynchos* und *C. Trulla* Fühlpapillen fehlen, dagegen bei *C. Darwinianum*, *C. macrocarpum*[1] nach Haberlandt, bei *C. callosum*, *C. tridentatum* und *C. splendens* nach meinen Untersuchungen solche vorkommen.

Bei dem ersten papillenlosen Typus fungieren die Antennen anscheinend nach Art von Fühlborsten, welche jede Berührung auf ein basales Gelenk übertragen, das durch die Aufrollung der Antennen zustande kommt. Die Anpassung der Antennen an diese Funktion zeigt verschiedene Grade und kommt in recht verschiedener Weise zum Ausdrucke. Zunächst muß jede Versteifung des vorragenden Teiles der Antenne die Hebelfunktion unterstützen und dementsprechend sehen wir,

[1] Vergl. Anm. p. 3.

wie zunächst eine Verdickung der Zellen an den umgeschlagenen Rändern zu beobachten ist, wie bei *C. fimbriatum* und *C. ornithorhynchos* eine Verholzung des inneren Randes beginnt, welche sich dann bei der unbestimmten *Catasetum* sp. Haberlandt's auch auf die ganze Spitze ausdehnt. Andrerseits tritt am Gelenke entweder eine allgemeine Verdünnung auf (*Catasetum* sp.) oder es werden wenigstens die Epidermisaußenwände zarter, so besonders bei *C. fimbriatum* und *C. barbatum*. Die von Haberlandt beschriebene Spezies, bei der beides im Vereine mit der Verholzung der Spitze auftritt, muß als das Extrem dieses Typus bezeichnet werden. Bei *C. ornithorhynchos* treten, wie beschrieben wurde, Fühlüpfel auf. Ob nur diese den Reiz perzipieren oder auch das basale Gelenk oder, was wohl das Wahrscheinlichste ist, beide Teile, muß natürlich unentschieden bleiben. Als Übergang zu dem nächsten Typus kann die allgemeine starke Vorwölbung und Zartwandigkeit der Epidermiszellen an den Antennenspitzen von *C. barbatum* und besonders an den am Ende gegabelten Spitzen der Antennen von *C. cernuum* betrachtet werden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Arten dadurch auch zur Reizperzeption an der Spitze befähigt werden.

Als höher angepaßten Typus müssen wir die Formen mit Fühlpapillen an den Antennen bezeichnen. Dabei ist wohl *C. callosum* mit seinen zahlreichen und zartwandigen Papillen, die sich über die ganze Antenne erstrecken, an erster Stelle zu nennen. Diesem schließen sich in absteigender Vollkommenheit des Antennenbaues *C. Darwinianum*, *C. macrocarpum* nach Haberlandt, ferner *C. tridentatum* und *C. splendens* nach meinen Beobachtungen an. Letzteres bildet infolge der geringen Anzahl der Papillen, der allgemeinen Dickwandigkeit der äußeren Epidermis, sowie der Zellen der Ränder, beim inneren Rande der vorgestreckten Antenne, verbunden mit Verholzung, schließlich infolge der relativen Zartheit des Gelenkes wieder einen Übergang zum ersten Typus.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Epidermale Zellreihe aus der Antennenspitze von *Catasetum callosum* im optischen Längsschnitte. Vergr. 460.

Fig. 2 und 3. Medianer Längsschnitt durch die Säule und das Labellum von *C. splendens*. Vergr. zirka 2.

Fig. 4. Dasselbe bei *C. Trulla*. Vergr. 4.

Fig. 5. Dasselbe bei *C. fimbriatum*. Vergr. zirka 4.

Fig. 6. Futtergewebe von *C. splendens*; Querschnitt durch die Epidermis etc. des Polsters auf der Vorderseite der Grube des Labellums. Vergr. 370.

Fig. 7. Futtergewebe von *C. fimbriatum*, Querschnitt durch die Grube. Vergr. 370.

Fig. 8. Querschnitt durch eine Epidermiszelle aus dem Rande des Labellums von *C. splendens*. Vergr. 370.

Fig. 9. Querschnitt durch die Mitte der vorgestreckten Antenne von *C. splendens*. Vergr. 60.

Fig. 10. Querschnitt durch die Mitte der Antenne von *C. fimbriatum*. Vergr. 60.

Fig. 11. Querschnitt durch die äußere Epidermis der Antennenbasis von *C. fimbriatum*. Vergr. 570.

Fig. 12. *C. ornithorhynchos*. Oberflächenansicht einer Epidermiszelle der Antennenspitze. Vergl. den Text. Vergr. 1500.

Tafel II.

Fig. 1. *Catasetum tridentatum*. Spitze der vorgestreckten Antenne, seitlich betrachtet. Vergr. 270.

Fig. 2. Dasselbe, einzelne papillentragende Epidermiszelle, Vergr. 460.

Fig. 3 und 4. Medianer Längsschnitt durch die Säule und das Labellum von *C. tridentatum*. Vergr. zirka 2.

Fig. 5. Innerer umgeschlagener Rand der Antenne von *C. fimbriatum* im Querschnitte. Der Schnitt war ungefähr in der Mitte der Antenne geführt worden. Vergr. 370.

Fig. 6. *C. fimbriatum*. Querschnitt durch die äußere Epidermis in der Antennenmitte mit blasig abgehobener Cuticula. Vergr. 570.

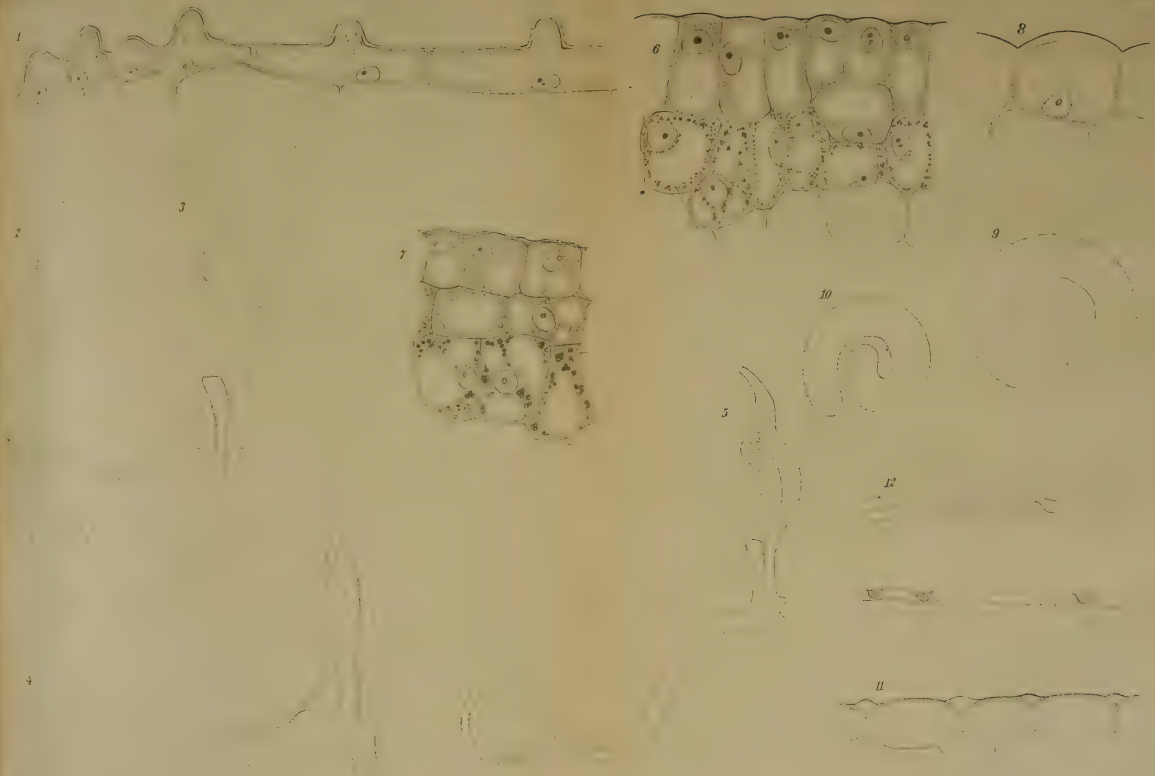
Fig. 7. *C. fimbriatum*. Querschnitt durch die innere Epidermis der Antenne.

Fig. 8. *C. splendens*. Spitze der vorgestreckten Antenne, seitlich betrachtet (Oberflächenansicht). Vergr. 370.

Fig. 9. Geteilte Antennenspitze von *C. cernuum*. Vergr. zirka 10.

Fig. 10. Äußerste Antennenspitze von *C. cernuum*, Oberflächenansicht. Vergr. 270.

Fig. 11. Medianer Längsschnitt durch Säule und Labellum von *C. barbatum*. Vergr. zirka 4.



Hüttenberg gez.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

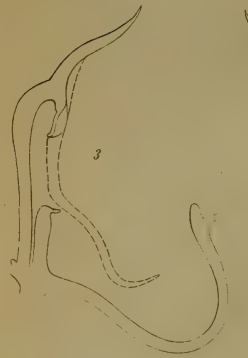
1

7

6

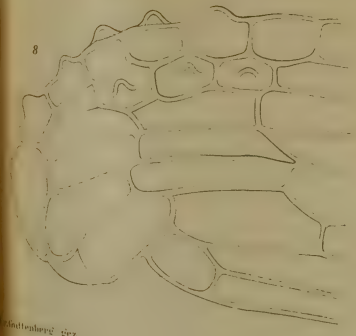
2

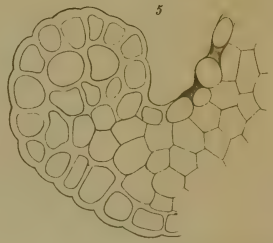
9

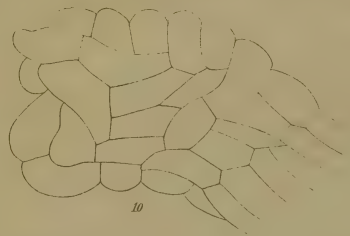

3

4

11


8


5


10

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. IV. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Bericht über die Aufnahmen am Nord- und Ostrand des Hochalmmassivs

von

F. Becke,

w. M. k. Akad.

(Mit 1 Tafel, Kartenskizze und Profile, und 5 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Mai 1908.)

Topographische Einleitung.

Die Aufnahmen im Sommer 1907 erstreckten sich auf den Nord- und Ostrand des großen Granitgneiskernes der Hochalmspitze vom Murthörl angefangen bis zum Katschbergsattel.

Während in dem westlich anschließenden Gebirgsteil, der im vorigen Jahre geschildert wurde,[1] die Grenze des Granitgneiskernes gegen die nördlich auflagernde Schieferhülle quer durch die obersten Verästelungen des Großarlbaches zieht, ist die topographische Ausgestaltung des Gebirges im Osten des Murthörls etwas anders. Im wesentlichen bezeichnet das oberste Murtal die Grenze zwischen Gneiskern und Schieferhülle, so zwar, daß der Grenzkamm gegen das Zederhaustal nördlich vom Murwinkel schon aus der Schieferhülle besteht, ja sogar schon Reste der triadischen Auflagerung trägt, während die südlich vom Murwinkel gelegene Kette bis zum Kareck dem Zentralgneis zufällt.

Von dem Längental, als welches sich das Murtal von Schellgaden aufwärts darstellt, zieht eine Reihe von Quertälern gegen Süden zu diesem Kamm empor, von denen die östlichsten kurz sind, während sie, je weiter nach Westen, immer

[1] F. Becke und V. Uhlig, Erster Bericht über petrographische und geotektonische Untersuchungen im Hochalmmassiv und in den Radstädter Tauern. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXV, Abt. I, Dezember 1906.

tiefer in die Hafnereckgruppe eingreifen. Es sind dies: das Wengerkar, Walischkar, Aignerkar, Mayerhoferkar (im oberen Teil Stierkar und Kühkar), Ofnerkar, Dorferkar. Dann kommen die länger entwickelten: Altenberger Tal, aus dessen Hintergrund die Kesselscharte in die Lanisch, das oberste Kar des Liesertales (Pölla), führt, dann das Rotgüldental, dessen Talschluß von den nördlichen Steilwänden des Hafnerecks gebildet wird, das Moritzental, aus dessen Hintergrund öde Scharten in das Maltatal führen; endlich hat der oberste Teil des Murtales von der Umbiegung bei der Schusteralm selbst den Charakter eines Quertales, das aber nicht so tief ins Gebirge hineinreicht wie das Moritzental östlich und die obersten Verzweigungen des Großarltales westlich (vgl. die beigegebene Kartenskizze).

Die Nord- und Nordostgrenze des Zentralgneiskernes.

Die Grenze zwischen Zentralgneis und Schieferhülle wird dadurch etwas kompliziert, daß mehrere Schollen von Gesteinen der Schieferhülle dem Zentralgneis eingelagert sind: die Silbereckscholle, die Altenberger Scholle und mehrere undeutlich aufgeschlossene kleinere, die auf der Karte nicht ausgeschieden werden können.

Verfolgen wir nun die Grenze des Zentralgneises gegen die nördlich aufgelagerte zusammenhängende Schieferhülle.

Wir beginnen am Murthörl, bis wohin wir diese Grenze im vorigen Bericht verfolgt haben.

Am unteren (nördlichen) Murthörl (2263 *m*), dem gewöhnlich benützten Übergang, haben wir die oberen Glimmerschiefer des vorjährigen Berichtes, die gegen das Nebelkareck zu von Kalkglimmerschiefer und Grünschiefer überlagert werden, den typischen Gesteinen der Schieferhülle. Der Gneis kommt zwischen dem unteren und oberen Murthörl am Mureck (2401 *m*) zu Tage. Die äußersten Lagen sind dünnschiefrig, serizitisch-schuppig; alsbald stellen sich Knoten von Feldspat ein und in der Hauptmasse liegt ein schön entwickelter Augengneis vor.

Die Grenze zieht im Bogen herab ins oberste Murtal, das sie etwa 100 *m* ob der Lanschitzalpe (1841 *m*) kreuzt, steigt

dann auf zu den felsigen Zacken des Kammes zwischen oberstem Murtal und Moritzental. Am Abhang ist die Grenze durch Almboden, Moränenbedeckung und Firnfelder verhüllt, kann aber am felsigen Kamm gut beobachtet werden (vgl. Fig. 1). Die scharfkantige Frischinghöhe (2463 *m*) besteht aus dem Glimmerschiefer, dem weiterhin gegen Norden Kalkglimmerschiefer und Grünschiefer aufgelagert sind. Die Gneisgrenze zieht nun herab ins Moritzental. Die Ausweitung, die Moritzenalp, liegt im weichen, phyllitischen Glimmerschiefer. Die Talverengung mit einer kleinen Klamm bachaufwärts entspricht

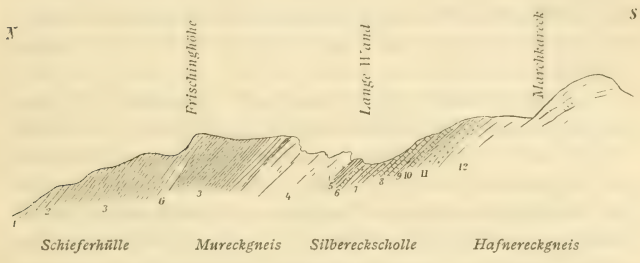


Fig. 1. Lange Wand von Westen.

dem Gneisrand. Nur der äußerste Fuß der mehrgipfligen Schobergruppe besteht noch aus Glimmerschiefer, der stellenweise aplitisch geadert erscheint. Die Grenze des Gneises zieht nun herab ins Haupttal. Die Aufschlüsse an den steilen Wasserrinnen, die von der Sonnseite herabkommen, bringen Glimmerschiefer, zum Teil aplitisch geadert; weiter abwärts, etwa $^1/_2$ *km* unterhalb der Trattneralpe, stellen sich alsbald Gesteine des Gneiskernes ein. Der Rand des Intrusivkernes zeigt hier wieder wie in der im vorigen Bericht beschriebenen Flugkogelzunge jene Entwicklung dunkelgrüner, bis zum reinen Hornblendegestein variierender Gesteinsarten, die nun in buntem Wechsel mit helleren bis aplitischen Abarten sich längs des Nord- und Ostrandes des Hochalmkerns hinziehen und von Geyer[1] als Hornblendegneisserie abgetrennt wurden. Längs des Reitweges,

[1] Verhandl. der k. k. geol. Reichsanst., 1892, Nr. 13; 1893, Nr. 2.

der von Moritzen zum Schrovinkar hinaufführt, kreuzt man diese Zone in einer Mächtigkeit von etwa 300 *m* und kann sich hier von ihrer mannigfaltigen Entwicklung sowie von ihrer mehrfachen Wechsellagerung mit den Glimmerschiefern an recht guten Aufschlüssen überzeugen.

Diese Grenzzone zieht nun an der Sonnseite des Murwinkels empor. Am Gehänge ist an vielen Stellen der Bruch im Neigungswinkel zu erkennen: unten der steilwandige felsige Gneis, darüber der glatte, begrünte, sanftere, aber immerhin auch sehr steile Schieferhang. Direkt nördlich vom Örtchen Muhr erreichte ich im Jahre 1905 vom Glimmerschieferkamm der Kendlspitze, über steile Grashalden absteigend, bei 1900 *m* die basische Grenzzone. Bei zirka 1500 *m* wurde der normale Granitgneis erreicht.

Unterhalb Schellgaden kreuzt die Grenzlinie zwischen Gneiskern und Schieferhülle abermals das Murtal, das sich im Bogen gegen Norden, dann nach Osten wendet und weiterhin bis St. Michael hin die Gesteine der Schieferhülle durchbricht. Auf beiden Ufern der Mur bezeichnet ein merkliches Zurückweichen der Abhänge den Eintritt in die Schieferhülle. An den steilen Bergrippen, die am rechten Ufer vom Tschaneck und vom Bärenkopf herabziehen, bemerkt man an dem deutlichen Gehängebruch die Grenze zwischen dem unterlagernden Gneis und dem darüberliegenden Schiefer.

Weiterhin zieht dann die Grenze schlecht aufgeschlossen durch das Wiesenkar nordöstlich vom Kareck und längs der Brandleiten auf die Höhe des Kammes zwischen Kareck und Tschaneck. Auch hier ist an dem schräg von Ostnordost nach Westsüdwest heraufziehenden schnurgeraden Gehängebruch die Grenze zwischen Gneis und Schiefer selbst auf der topographischen Karte deutlich erkennbar.

Die Fortsetzung dieser Linie nach Süden hat Geyer bereits beschrieben, ich kenne sie aber noch nicht aus eigener Anschauung.

Innerhalb des so umgrenzten Gebietes liegen noch eine große und mehrere kleine Schollen von Schiefergesteinen, deren Lagerung nun näher beschrieben werden soll. Die bedeutendste, die ich auf eine Länge von mehr als 10 *km* vom

Murthörl bis zur Kesselscharte verfolgt habe und die sich noch weitere 4 bis 5 *km* in das Gebiet des obersten Liesertales (Eben-Lanisch) erstreckt, kulminiert im Silbereck zwischen Rotgülden- und Altenberger Tal und mag Silbereckscholle heißen. Viel kleiner ist die Altenberger Scholle oberhalb Muhr in der Tiefe des Murtales. Die übrigen lassen sich kaum kartographisch ausscheiden.

Die Silbereckscholle

beginnt im Krehalpenkar, westlich vom Murthörl, wo ihr westliches Ende bereits im vorjährigen Bericht (p. 19 [1711]) erwähnt wurde. Rings von Gneis umgeben, zirka 500 *m* von der Hangendgrenze gegen den Glimmerschiefer der Schieferhülle liegt eine Scholle von Kalkmarmor mit Quarzit im Liegenden, zwischen 2100 und 2200 *m* Seehöhe (die Angabe 2000 bis 2100 *m* im vorjährigen Bericht ist irrtümlich).

Weiter östlich, durch mächtige Gneisrundhöcker von diesem ersten Ausläufer getrennt, wiederholt sich im Niveau von 2300 *m* der Marmor. Er ist im Hangenden und Liegenden von quarzitischen, zum Teil graphitischen und schuppig serizitischen Schiefern begleitet. Der ganze Komplex erreicht eine Mächtigkeit von zirka 200 *m*. Im Hangenden des Marmors herrschen helle glimmerige Schiefer, im Liegenden Quarzite vor. Das Streichen ist fast Ost—West mit einer ganz kleinen Abweichung gegen Nordosten, das Fallen zirka 50° N. Die Gneislage im Hangenden des Schiefers (Mureckgneis) zeichnet sich — wie in der ganzen weiteren Erstreckung der Silbereckscholle — durch deutliche Feldspataugen aus.

Das Marmorschieferband läßt sich nun in deutlichen Aufschlüssen (Setzwand) ins Murtal verfolgen. Der Mururs prung (1926 *m*) liegt gerade im Marmor. Talaufwärts, oberhalb des Marmorzuges, ist das Tal gänzlich mit Gneisschutt erfüllt und bis tief in den Sommer hinein von Lawinenschnee begraben.

Jenseits besteht die Brunnwand aus dem an Mächtigkeit zunehmenden Marmorzug. Begleitet von lichtem Glimmerschiefer und namentlich von Quarzit streicht der Schieferzug hinauf zu dem breiten Sattel zwischen der Langen Wand und

dem Marchkareck. Hier bietet sich folgendes Profil von Nord nach Süd (vgl. Fig. 1):

1. Grünschiefer.

2. Kalkglimmerschiefer, wenig mächtig.

3. Mächtige Folge von graugrünem bis schwärzlichgrauem, zum Teil ganz phyllitähnlichem Glimmerschiefer, darin untergeordnet schwarze und weiße Quarzite. Tiefste Lage der zusammenhängenden Schieferhülle. An einer Stelle findet sich eine wenig mächtige Lage von feinkörnigem Gneis, der im Kamm einen hervorragenden Zacken bildet (*G* in der Figur).

4. Etwa 300 *m* mächtig, heller Granitgneis, gegen die Grenzflächen zu schuppig feinschiefrig, in der Mitte der Lage merklich porphyrartig durch Feldspatknoten (Mureckgneis).

Nun kommt 5 bis 11, die hier sehr gut aufgeschlossene und gut gegliederte Silbereckscholle.

5. Schwärzlicher, dünnblättriger Glimmerschiefer.

6. Lage von Kalk mit dünnen Schieferlagen wechsellagernd.

7. Mächtige Folge von silberig schuppigen, glimmerigen Quarziten.

8. Hauptlager des deutlich körnigen, hellgrauen Kalkmarmors, etwa 20 bis 30 *m* mächtig.

9. Eine nicht sehr mächtige Lage von dünnblättrigem, schuppigem Glimmerschiefer.

10. Liegendlager von Marmor; weniger mächtig als 8, so wie dieses deutlich geschichtet.

11. Ziemlich mächtige Lage von Quarzit.

Unter diesem folgt nun:

12. Schiefriger Gneis, der nach Süden bald gröber flasrig wird und dessen Bänke eine mehr und mehr flache Lagerung einnehmen. Diese flache Lagerung tritt namentlich in dem nach Westen aus dem Profil vorspringenden Marchkareck (2680 *m*) deutlich hervor. Vom Murthörl aus gesehen, fragt man sich, wie die oben ziemlich flach liegenden Quarzit- und Marmorbänke es machen, daß sie über diesen energisch vorragenden Gneisknopf hinwegkommen.

Die ganze Mächtigkeit der Silbereckscholle ist an dieser Stelle 300 *m*. Sie hat also auf der Strecke Murthörl—Lange

Wand an Mächtigkeit merklich zugenommen. Auch das Streichen hat sich ein wenig geändert. Es beträgt hier durchschnittlich N 75° W, das Fallen 40 bis 45° NO. Im Quarzit finden sich viele Nord—Süd streichende, 85° O fallende Klüfte. Hie und da ist im Quarzit eine merkliche Streckung ausgesprochen, die N 70° O unter 15° fällt.

Die steile, felsige Ostseite der Langen Wand ist nicht leicht zu begehen. Aber mit dem Fernglas kann man bei guter Vormittagbeleuchtung erkennen, daß die einfache Auflagerung des Marmorschieferkomplexes anderen, komplizierteren Verhältnissen Platz macht. Der südliche Teil der Langen Wand besteht nämlich aus einer mächtig anschwellenden Kalkmasse, welche sich aus dem Hauptkalklager (8 des vorigen Profils) zu entwickeln scheint, und überlagert und unterlagert von Gneis bis an den gegen Süden schauenden Felsabsturz in das obere Moritzenkar vordringt. Inwieweit sich auch die Quarzite und Schiefer an diesem Lagerungsverhältnis beteiligen, läßt sich nicht angeben. Die folgenden Zeichnungen (Fig. 2 und 3) geben wieder, was sich vom Moritzental aus beobachten läßt. Daß hier eine ausgedehntere lokale Störung im Bau des Gebirges vorhanden ist, gibt sich auch durch die Lagerung des Granitgneises in der mittleren Talstufe des Moritzentales zu erkennen. Die sehr grobkörnigen Bänke desselben fallen hier unter flachen Winkeln nach West unter die Lange Wand ein. Während der Gneis im Hangenden des Schiefers N 70° W streicht und unter 55° nach Nordnordost fällt, zeigen die Gneisfelsen im Liegenden der Silbereckscholle, in der Höhe von 1800 *m*: Streichen N 25° W, Fallen 25° W.

In der weiteren Fortsetzung kreuzt die Silbereckscholle etwa 1 *km* aufwärts von Moritzen das Moritzental. Die Aufschlüsse sind zwar nicht sehr günstig, doch läßt sich das Durchziehen der Marmorbänke an beiden Ufern nachweisen.

Der nächste günstige Beobachtungspunkt ist das hochgelegene Schrovinkar, das in die Nordabdachung des Schobers (2684 *m*) eingesenkt ist. Zwei felsige Rippen umschließen es: im Westen der zweigipfelige Mannsitz, dessen nördlicher Gipfel (2519 *m*) aus dem Granitgneis im Hangenden der Silbereckscholle

besteht, während der südliche Gipfel und die Scharte zwischen diesem und dem Schober den Sedimentgesteinen zufallen. Kalk und Schiefer streichen bogenförmig durch das Kar und bilden auch die zackige, felsige Umrahmung auf der Ostseite des Kars. Die Mannigfaltigkeit der Gesteine nimmt hier beträchtlich zu, ebenso die Mächtigkeit der ganzen Zone. Neben reinen oder etwas glimmerigen Marmoren finden sich namentlich hell-

Fig. 2. Lange Wand, Südostseite (vom Kawasser See aus gesehen).

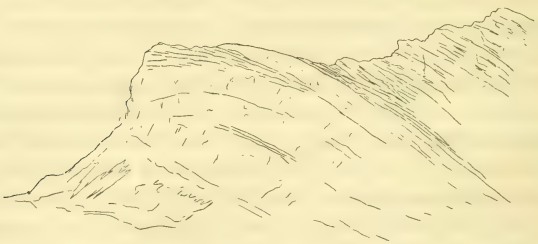


Fig. 3. Lange Wand von Moritzen (Nordosten) aus gesehen.

gefärbte Gesteine, die aus viel weißem Quarz mit reichlicher Beimengung von Carbonaten bestehen; sie verwittern zu griesigem, rostgelb gefärbtem Sand. Ferner dunkle, durch Kohle gefärbte, phyllitartig aussehende Schiefer. Ein häufig vorkommender, durch bunte Färbung auffallender Typus besteht aus einem Grundgewebe von feinschuppigem weißen Muskovit mit Schmitzen von lebhaft grün gefärbtem Fuchsit, gelblich verwitterndem Ankerit, kleinen glasklaren Albitkörnern und gelblichgrünen Epidotnädelchen; hierzu treten noch größere

Idioblasten von dunkelgrünem Klinochlor oder häufiger noch schuppige kurze Flasern dieses Minerals.

Vergeblich bemühte ich mich, die Detailprofile beider das Kar begrenzenden Felsrippen aufeinander zu beziehen. Die einzelnen Lagen halten im Streichen nicht lange aus, die Zahl der kompakten Kalklager und ihre Mächtigkeit zeigt großen Wechsel. Nur im allgemeinen läßt sich sagen, daß im liegenden Anteil die Marmore vorherrschen, im hangenden die Schiefer. Aber auch ziemlich weit im Hangenden findet sich beiderseits ein wenn auch nicht sehr mächtiges Kalklager, begleitet von schwärzlichen phyllitischen Schiefern, ähnlich wie an der Langen Wand.

Im Schrovinkar, dessen Tiefstes in der Seehöhe von zirka 1800 bis 2000 *m* von einer prachtvoll entwickelten Stirnmoräne eingenommen ist, läßt die topographische Karte sehr viel zu wünschen übrig.

In höheren Lagen sieht man den Hauptmarmorzug in Rundhöckern durchstreichen. Die Lagerung ist hier: Streichen N 85° W, Fallen 45 bis 60° NO; also ähnlich wie auf der Langen Wand.

An der östlichen Felskante des Schrovinkars beobachtete ich folgendes Profil in guten zusammenhängenden Aufschlüssen (vgl. Fig. 4).

1. Es beginnt mit dem mächtigen, hellen, zum Teil porphyrartigen Granitgneis, der die Silbereckscholle von der zusammenhängenden Schieferhülle trennt (Mureckgneis). Aus diesem besteht die Gipfelpartie jenes auffallenden Felszahnes, der den Übergang aus dem Schrovinkar ins Rotgüldental flankiert.

2. Der Steilabsturz und der Sattel selbst bestehen aus grauem, zum Teil graphitischem, dünnblättrigem, phyllitischem Schiefer; bemerkenswert ist hier die Ähnlichkeit mit dem Profil an der Langen Wand. Diese Schiefer bilden auch die weniger steil gegen die Scharte abfallende Südlippe der Scharte.

3. Es folgt nun eine ziemlich mächtige Bank kompakten, gelblichweißen, dickbankigen Marmors, welche einen vorragenden Gratzacken aufbaut.

4. Die folgende Scharte entspricht einer dünnen Zwischenlage von schwärzlichem Schiefer.

5. Ziemlich mächtige Folge von dünnplattigen Kalken, die wieder einem Gratzacken Entstehung gibt.

6. Nun kommt ein mächtiger Komplex von teils schwärzlichen, teils hell gefärbten Schiefern, darunter manche carbonatreich und zu sandigem Gries zerfallend.

7. Ein mächtiges Lager von kompaktem, gut geschichtetem Marmor, sehr rein, gelblichweiß, grobkörnig. Er entspricht dem auffallendsten, mit einer Steilwand gegen Süd abfallenden Gratzacken.

8. Wechsellagerung von dünnplattigen Schiefern, teils graugrün, lebhaft glänzend, manche Lagen mit muskovitischem

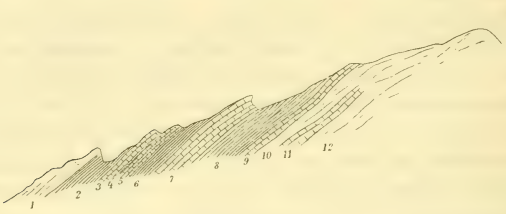


Fig. 4. Östliche Umrandung des Schrovinkars.

Grundgewebe und Idioblasten von Klinochlor, andere sind carbonatreich und nähern sich quarzreichen Cipollinen.

Diese Partie bildet eine lange, geradlinige Gratstrecke.

9. Eine wenig mächtige Bank von kompaktem Kalkmarmor.

10. Unmittelbar darunter lichter, stark serizitisch geschieferter Gneis, der in der Nähe der Kalkauflagerung reich ist an Quarzschwielen, aber sehr bald die normale Beschaffenheit des flasrigen Granitgneises annimmt.

11. Eine etwas mächtigere Bank von Kalkmarmor.

12. Der im Liegenden zusammenhängende, alsbald sehr grobkörnige und kompakte, dickbankige Granitgneis.

Während der Kalk 9 sicher die Felskante überschneidet und ins Rotgüldental hinübersetzt, ist das bei 11 nicht erwiesen. Er scheint vielmehr, ehe die Felskante erreicht ist, im Gneis auszukeilen, der Gneis 10 somit mit der Hauptmasse des Gneises im Liegenden oberwärts zusammenzuhängen. Diese

Beobachtung ist jedoch nicht sicher; sie wurde mit dem Feldstecher gemacht und war noch dazu durch Wolkentreiben beeinträchtigt.

Im folgenden Quertal (Tal des Rotgüldenbaches) tritt die Gliederung in einen liegenden marmorreichen und einen hangenden schieferreichen Abschnitt noch deutlicher hervor.

Im Liegenden ist ein mächtiges Kalklager vorhanden, welches hier allein eine Mächtigkeit von wenigstens 300 *m* erreicht und in einzelnen Lagen einen homogenen, grauen, deutlich geschichteten Kalkmarmor, in anderen einen undeutlich geschichteten, gelblich anwitternden, unregelmäßig geklüfteten Dolomit darstellt. Letzterer scheint im Liegenden gegen den Gneis zu vorzuherrschen. In ihm tritt Arsenkies in Gängen auf, welcher Gegenstand des Bergbaues Rotgülden war.

In den Marmorlagen in der unmittelbaren Nachbarschaft des Gneises findet sich in Putzen schneeweißer Tremolit.

Die über dem Kalklager folgenden Schiefer sind wie im Schrovinkar sehr mannigfaltig. Sie gewinnen auf dem Nordabhang des Silberecks eine gewaltige Ausdehnung, was allerdings zum Teil davon herrührt, daß die Neigung des Abhangs mit dem Fallwinkel beiläufig übereinstimmt.

Diesen Schiefern sind an mehreren Stellen Linsen eines schneeweißen, ungemein feinkörnigen, leicht zerreiblichen Dolomits eingelagert, die durch einen Gehalt an akzessorischen, schön rehbraunen Phlogopitblättchen, silberweißen Muskovitflasern und kleinen, stark glänzenden Pyritwürfeln sehr ausgezeichnet sind. In Drusenräumen finden sich sattelförmig gekrümmte Dolomitrhomboeder, größere, undeutlich entwickelte Kalkspate und sehr scharfe, kleine Bergkrystalle.

Unter den Schiefern stellen sich nun auch solche mit braunem Biotit, ferner mit Almandin ein; nur als Gerölle im Rotgüldenbach sind ferner auch Quarzite mit großen, lichtroten Granatkörnern gefunden worden.

Nahe dem Hangenden des Komplexes, der hier eine Mächtigkeit von mindestens 1000 *m* erreicht, findet sich auch hier ein weniger mächtiges Marmorlager den Schiefern eingelagert. Es umsäumt die Plölitzer Wiesen auf der Nordostseite, ist in der Klamm des Murbaches hinter dem Blasnerbauer

aufgeschlossen und läßt sich noch ein kurzes Stück flußabwärts am linken Ufer verfolgen. Das rechte Ufer bietet keine Aufschlüsse, da der Talboden mit Moränenmaterial und Gehängeschutt erfüllt ist. Aber beim Almweg zur Lieppenalm findet man die Fortsetzung schon in einer Seehöhe von zirka 1600 *m* in Gräben angeschnitten und oberhalb der Lieppenalm bildet dieser Hangendmarmor an den Abhängen mächtige Felspartien, die sich ununterbrochen bis zu dem zahnartigen nördlichen Vorgipfel des Silberecks verfolgen lassen.

Die Fortsetzung des Schieferzuges kann in dem nächsten Quertal im Altenbergtal mit größter Bequemlichkeit studiert werden.[1]

Der oberste Karkessel des Tales unterhalb der Altenbergscharte steht in dem Liegendgneis an, der schon zu der Hauptmasse des Hochalmmassivs gehört. Er bildet auch den Gipfel der Kesselspitze, ferner den Südgipfel des Silberecks und den Südwestabhang jenes Felsspornes, der den obersten Karboden des Altenbergtales vom darunterliegenden trennt. Der Gneis ist hellgefärbt, biotitarm, wenig geschiefert, granitähnlich.

Die steile Karstufe von 2300 bis 2200 *m* abwärts besteht aus kompaktem Marmor. Auch hier findet sich neben grauem, etwas graphitisch gefärbtem, feinkörnigem und plattigem Kalkspatmarmor weißer, etwas gröberer und auffallend ungleichkörnig struierter; ferner schneeweißer, feinkörniger, zerreiblicher Dolomitmarmor mit gelblichen Phlogopitschuppen. Der Marmor setzt auch die Nordwestseite des vom Südgipfel des Silberecks gegen Südost ziehenden Felsgrates sowie die Nordseite des Südgipfels selbst zusammen. An jenem Felssporn und im Kar selbst sieht man den Marmor in Falten zusammengestaucht; stellenweise greift der Granitgneis ins Hangende des Kalkes über, ähnlich wie an der Langen Wand.

[1] Die Darstellung dieses Schieferzuges auf der von Geyer aufgenommenen Karte in der Geologischen Reichsanstalt ist in manchen Stücken verbesserungsfähig. Im Attenbergtal ist die Kalkzone und der Liegendgneis um mehr als 1 *km* zu tief in Tal herabgezogen. Der Kalkmarmorzug geht hoch oben durch die oberste Karstufe. Der Gneis im Liegenden des Schieferzuges überschreitet nicht den obersten Kessel. Die beträchtlichste Abweichung ist dadurch bedingt, daß der mächtige Gneiszug im Hangenden der Schieferzone des Silberecks (Mureckgneis) mit der Farbe des Kalkphyllits belegt ist.

Über dem Marmorzug folgt ein Komplex mannigfacher Schiefergesteine. Herrschend sind helle, schuppige Glimmerschiefer; einzelne Lagen sind graphitisch dunkel; manche durch dunkle Almandinkörner, andere durch große Idioblasten von Magnetit ausgezeichnet. Seltener finden sich Glimmerschiefer mit muskovitischem Grundgewebe von schuppiger Struktur, die Andeutungen von Hornblendegarben enthalten. Die Hornblende ist aber verschwunden und durch Biotitaggregate ersetzt. Quarzitische Lagen kommen gleichfalls vor.

In den mehr hangenden Partien finden sich dann wieder jene bunten Schiefer, die durch reichlichen Gehalt an schneeweißem Quarz, Calcit, gelblichem Ankerit, einzelne Putzen von Fuchsit und durch glasklare Albitkörner ausgezeichnet sind. Die Mengenverhältnisse der Gemengteile variieren außerordentlich. Viele Lagen enthalten reichlich kleine glänzende Pyritwürfel. Mikroskopisch ist stets Epidot, auch Turmalin nachweisbar.

In diesen hangenden Partien finden sich mindestens zwei getrennte, mehr kompakte Kalklager, von denen das Liegende im Ausstrich eine sehr markante Felswand im Gehänge bildet. Das Hangende scheint die Fortsetzung jenes Kalklagers auf die Lieppenalm darzustellen und in der steilen Felswand am nördlichsten zahnförmigen Vorgipfel des Silberecks durchzustreichen.

Keines von diesen beiden Kalklagern läßt sich auf die südöstliche Bergflanke verfolgen. Hier zieht nur hoch oben, östlich der Scharfspitze der Kalkzug und im Hangenden der Glimmerschieferkomplex durch, unmittelbar überlagert von der mächtigen Gneismasse der Oblitzen.

Am direkt östlichen Abhang des Silberecks tritt zwischen den beiden erwähnten Lagen von Kalk eine nicht unbeträchtliche Gneismasse zutage, als ob die auseinanderweichenden Blätter des Schieferkomplexes eine Gneislinse umschließen würden. Ich konnte die Fortsetzung jenseits im Gebiet der oberen Lieppenalpe nicht finden. Der Gneis, der im Altenbergkar eine auffallende Felsstufe und ein ausgedehntes Blockmeer bildet, scheint in der Scharte zwischen dem nördlichen Vorgipfel (Zahn) und dem mittleren Gipfel des Silberecks auszukeilen; ebenso scheint diese Gneislinse nach unten zu noch

im Gehänge auszukeilen und östlich vom Bach sich nicht fortzusetzen.

Diese Silbereckscholle beschreibt einen deutlichen Bogen und ändert ihr anfänglich ostwestliches Streichen ganz allmählich in Nordwest—Südost, zum Schluß Nordnordwest—Südsüdost. Mit dem Auge konnte ich den Zug noch bis auf den Scheidekamm zwischen Pölla und Maltatal verfolgen. So wie der Mururspung, scheint auch der Lieserursprung in jenem Marmorzug zu liegen.

In diesem ganzen bogenförmigen Verlauf ist das Fallen ziemlich gleichmäßig nach Nord und Nordost, beziehentlich Ostnordost gerichtet, und zwar unter mittleren Winkeln, die in der Tiefe 45° kaum überschreiten, auf der Höhe öfter merklich flacher sind.

Im Gegensatz zu anderen derartigen Schiefereinlagerungen scheint in der Silbereckscholle die Mächtigkeit nach der Tiefe zuzunehmen.[1] Dies gilt namentlich bezüglich der Aufschlüsse im Rotgülden- und Altenberger Tal. Merkwürdig ist auch das Verhalten zur Hauptmasse des Zentralgneises im Liegenden. Lokal findet ein Übergreifen des Zentralgneises über die Kalke des Silbereckzuges statt.

Man ist gewöhnt, in den Schieferschollen der Granitgneise von oben eingefaltete Mulden zu erblicken und hat auch in der Tat in vielen Fällen nachweisen können, daß solche Schieferschollen, die in der Höhe eine beträchtliche Breite haben, sich in der Tiefe der Täler verschmälern, ja ganz auskeilen. Im Gebiete des Zillertaler und Duxer Granitgneiskernes kenne ich mehrere solche Beispiele. Hier scheint nun der entgegengesetzte Fall vorzuliegen und man gewinnt den Eindruck, daß hier die Schieferscholle von unten her in den Granitgneiskuchen hineinragt, ein Fall, der natürlich bei der Intrusion und Faltung auch vorkommen kann. Bevor weitere Folgerungen an

[1] Aus den Eintragungen in der Karte ergibt sich unter Berücksichtigung der Schichtneigung die Mächtigkeit der Silbereckscholle im Schrovinkar 300 *m*, am Silbereck 400 *m*. Im Rotgüldental und in der Tiefe des Altenberger Tales zirka 1000 *m*. Auch in der Tiefe der Pölla scheint nach Geyer's Kartierung die Mächtigkeit der Schiefereinlagerung größer zu sein als auf der Höhe zwischen Kesselscharte und Oblitzen.

dieses Verhältnis geknüpft werden, dürfte es geraten sein, die Erforschung des Südostendes der Silbereckscholle abzuwarten, das nach der Kartierung von Geyer recht eigentümliche Verhältnisse darbietet.

Kleinere Schieferschollen.

Außer der großen Silbereckscholle liegt im Zentralgneis gänzlich eingeschlossen noch eine kleinere Schieferscholle am Ausgang des Altenbergtales. Sie bildet den »Altenberg«, jenen terrassenförmig vorspringenden Teil des Südgehänges im Murtal oberhalb Muhr, welche, durch typische Rundhöckerformen ausgezeichnet, eine Anzahl von Bauernhöfen trägt.

Die Rundhöckerformen greifen auch auf das linke Murufer über. Dort steht aber ebenso wie in der Klamm, in der die Mur diese Talstufe durchbricht, noch überall Gneis an. Erst südlich davon tritt unverkennbarer Glimmerschiefer auf, dessen Hangendgrenze nicht sehr scharf ausgesprochen ist, indem Verschlierungen mit Gneis den Übergang vermitteln.

Im Liegenden ist die Grenze auf eine kleine Strecke schärfer markiert durch ein wenig mächtiges Kalklager, das an zwei Stellen deutlich aufgeschlossen ist. Im Streichen verlieren sich gegen Westen die Schieferaufschlüsse in stark schiefrigem Gneis. Die östliche Fortsetzung ist durch den Alluvialschotter des hier erbreiterten Tales verhüllt.

Derartige kleinere Schieferschollen mögen in der waldigen, schlecht aufgeschlossenen Schattseite des Murtales noch manche vorhanden sein. So finden sich westlich neben dem bei Muhr mündenden Dorfbache zwischen 1460 und 1500 *m* auffallend viele Brocken von lichtem Glimmerschiefer mit Chloritflecken und auch von Granat führendem Glimmerschiefer. Es gelang aber nicht, ihn anstehend zu finden. Beim Anstieg vom Aignerbauer zur Aigneralm findet man ungefähr bei 1600 *m* an der fast horizontal zur Aigneralm ziehenden Strecke des Waldweges deutliche Spuren von serizitischem Glimmerschiefer anstehend, die sich aber nicht weiter verfolgen und ausscheiden lassen. Manche von den als dunkle Schlieren im Gneis auftretenden Lagen haben auch eine Zusammensetzung, die auf ein stark metamorphosiertes Schiefermaterial hinzudeuten

scheinen (Feldspate, und zwar Albite mit vielen Quarzeinschlüssen mit Andeutung helizitischer Struktur, Granat in größeren Körnern, viel Biotit und Muskovit).

Randzone des Zentralgneises.

Über der Silbereckscholle folgt nun bis zum inneren Rande der zusammenhängenden Schieferhülle eine von West gegen Ost an Mächtigkeit immer mehr zunehmende Gneispartie. Sie ist unmittelbar im Hangenden der Silbereckscholle aus einem ziemlich gleichartigen flasrigen Granitgneis[1] gebildet, der besonders in der Mitte seiner Entwicklung eine deutliche Neigung zur Augenstruktur erkennen läßt (Mureckgneis). Hier hat das Gestein den Habitus, der für den Zentralgneis der Tauern als typisch gelten kann. Der Feldspat bildet rundliche Augen, der Quarz graurötliche Kornflasern, der dunkle, spärliche Biotit einzelne Schuppen und kurze Flasern, der Muskovit silberweiße, feinschuppige Gleitflasern, die sich insbesondere lidartig um die Feldspataugen herumlegen. Die Feldspataugen sind vorwaltend Plagioklas, seltener Mikroklin mit sehr feiner, örtlich ganz verschwimmender Gitterstruktur. Dieser typische Zentralgneis ist schon am Mureck zwischen dem oberen und unteren Murthörl in bescheidener Mächtigkeit entwickelt; er streicht quer durch das oberste Murtal zwischen der Lanschitzalm und Mururspung, läßt sich im Hangenden des Marmorzuges zu dem felsigen Grat verfolgen, der sich nördlich der langen Wand zur Frischinghöhe aufschwingt, kreuzt dann knapp oberhalb der Moritzenalm das Moritzental. Der Bach schneidet eine kleine Klamm darin ein. Von hier nimmt nun die Mächtigkeit bedeutend zu. Im unteren Teile des Schrovinkars erreicht er eine Mächtigkeit von wenigstens 600 *m*; nördlich vom Blasnerbauer greift dieser Gneiszug auf das linke Ufer über, kehrt aber gleich unterhalb auf das rechte Ufer zurück. In einer mächtigen Felsstufe lagert er sich am Reiterberg über den Hangendmarmor der Silbereckscholle auf der Lieppenalm. Von der Schulter des Silberecks bis zu der Schieferscholle

[1] Granitgneis im weiteren Sinne. Die Feldspataugen erweisen sich in einer genauer untersuchten Probe in ihrer größeren Zahl als Plagioklase; die Minderheit ist Kalifeldspat. Epidot ist recht reichlich vorhanden.

von Altenberg beträgt die Mächtigkeit 700 *m*. Die Breite der Gneiszone erscheint noch viel beträchtlicher, da der Abhang mit der Plattung des Gneises fast parallel geht.

Nun schwenkt diese Gneismasse gegen Südost und schließlich Südsüdost weiterstreichend gegen den Kamm zwischen Murwinkel-Pölla und setzt die mächtige Masse der Oblitzen zusammen. Auch hier ist der Granitgneis noch ziemlich rein, doch stellen sich einzelne basische Einlagerungen, dunkelgrüne Hornblendegesteine ein, welche dann weiter gegen das Hangende größere Bedeutung erlangen.

Schon längs des Reitweges, der von Moritzen zum Schrovinkar emporführt, findet man an der Grenze gegen den hangenden Schiefer solche basische Gneisvarietäten entwickelt. Dasselbe zeigt sich im Murtal an der entsprechenden Stelle. Ebenso weiterhin an der steilen Sonnseite des Murwinkels. Endlich ist diese basischere Zone an der Mündung des Murwinkels in das weitere Talbecken von St. Michael von der Biegung oberhalb Unterweißburg bis zum Weiler Hemmerach taleinwärts nachweisbar. Ihr fällt ferner der ganze Kamm zwischen der Oblitzenscharte und der Auflagerung der Schieferhülle östlich vom Kareck zu.

Dabei ist aber festzuhalten, daß nicht etwa eine homogene basische Randzone vorhanden ist, sondern vielmehr ein bunter schlieriger Wechsel von hellen und dunklen Gesteinsabarten. Nur am Kamm zwischen Murwinkel und Pölla, von der Karrerspitz angefangen über die Storz bis zum Schlungkopf hin, findet sich eine größere einheitliche basische Gesteinsmasse, die sich allerdings auch nicht scharf gegen die Umgebung abgrenzt, sondern mit dem umgebenden helleren Granitgneis durch schlierige Wechsellagerung in Verbindung tritt. So wie hier eine größere Masse basischen Gesteins vorhanden ist, finden sich auch größere Partien, in denen die dunklen Lagen zurücktreten, auch wohl ganz fehlen. Eine Abgrenzung dieser Bezirke auf der Karte ist nur schematisch durchführbar. Die tatsächlichen Verhältnisse getreu darzustellen, ist in keinem der gebräuchlichen Kartenmaßstäbe möglich und die vollständige Beobachtung wäre auch wegen der Bewaldung großer Teile des Terrains ausgeschlossen.

Charakteristisch ist der starke Wechsel im Aussehen dieser basischeren Gesteine. Die große Masse von der Storz ist lichtgrün und weiß gefleckt. Hier ist die Hornblende großenteils in Chlorit übergeführt, der Feldspat — ausschließlich Albit — ganz mit Klinozoisit oder Zoisit vollgepfropft. In anderen Fällen tritt Biotit stark hervor, Hornblende ist seltener. Vielfach finden sich auch ganz feldspatarme Gesteine, die oft zu $^4/_5$ aus grobkörniger, dunkelschwarzgrüner Hornblende bestehen; noch andere stellen sich als chlorit- und biotitreiche Lagen dar. Dabei sind die Gesteine bald mehr, bald weniger schiefrig. Die Schieferung ist richtige Krystallisationsschieferung in manchen Fällen. Bisweilen zeigen sich daneben starke Spuren von Kataklase.

In vielen Aufschlüssen sieht man ein helles aplitisches oder pegmatitisches Geäder die dunklen Gesteine durchziehen und besonders in den Grenzgebieten gegen die hellen Granitgneise entwickeln sich förmliche Bändergneise aus wenige Zentimeter mächtigen, abwechselnd helleren und dunkleren Lagen.

Diese Gneispartie streicht an der Nordgrenze gegen die Schieferhülle fast genau von Ost nach West, beschreibt dann gegen das Ostende ganz allmählich einen Viertelbogen, um im Kareck ziemlich genau von Nord nach Süd zu streichen mit flachem Fall gegen Osten. Am Kamm zwischen dem Murtal und dem südlichen Pöllatal hat man überall recht flache, stellenweise geradezu schwebende Lagerung, dabei ist aber immer eine Tendenz zum Fallen gegen Nord und Ost bemerkbar. Die Lagerung der Gneistafeln ist so flach, daß sie von den Talabhängen südlich des Murflusses unterschnitten werden. Erst in der Tiefe des Tales findet man meist etwas steilere Fallwinkel der Gneisschieferung, die gegen Nord und Ost gerichtet sind.

In bezug auf Klüftung findet man hauptsächlich zwei Richtungen häufig entwickelt. Beide stehen ziemlich steil; die eine streicht N 25 bis 40° O, die andere weicht von der Nordrichtung nach Westen ab. Die letztere macht sich in der Gliederung der vom Kamme nach Norden absteigenden Felsgrate sehr bemerkbar, indem mehrere hintereinander auftretende Einschartungen darin offenbar diesen Klüften ihre Entstehung verdanken.

Streckung ist in diesen Gneispartien nirgends sehr ausgesprochen. Die einzelnen Beobachtungen ergaben ziemlich schwankende Richtungen. Höchstens könnte man sagen, daß in der Gegend des Ofner und Mayerhofer Kars eine Tendenz zur Streckung gegen Nordost zu bemerken ist. In dieser Beziehung ist ein bemerkenswerter Unterschied zwischen dem breiten Ostende des Zentralgneises der Tauern und dem schmalen Südwestende (im Duxer Kamm) zu konstatieren. Dort herrscht allgemein eine stark ausgeprägte Streckung in südwestlicher Richtung, die ihre Herrschaft viele Kilometer weit einwärts in das Zentralgneismassiv geltend macht.

Die Schieferhülle.

Über dem Gneisrand folgt dann die zusammenhängende Schieferhülle, welche ich in dem heurigen Aufnahmsgebiet in zwei getrennten Partien kennen lernte: im obersten Murwinkel zwischen Moritzen und dem Murtörl und auf dem Katschberg bei St. Michael.

Von einer früheren Exkursion im Jahre 1905 kenne ich auch ein Profil auf der Murwinkler Sonnseite vom Schrovinkogel nach Muhr herab.

Die Folge der verschiedenen Lagen ist allenthalben ähnlich wenigstens in bezug auf gewisse allgemeine Züge.

Überall folgt auf die untere Stufe, die lokal die Marmorzüge enthält,[1] ein Komplex von Glimmerschiefer mit Porphyroblasten von Albit, der weder eigentliche Kalkglimmerschiefer noch Grünschiefer enthält. Erst über dieser Glimmerschieferzone, die, nebenbei bemerkt, in dem Profil Muhr—Zederhaus eine sehr bedeutende Breitenentwicklung hat und sowohl am Murtörl als am Tschaneck westlich vom Katschbergsattel beträchtlich verschmälert erscheint, folgt sodann die Wechsellagerung von Kalkglimmerschiefern und Grünschiefern, die einen höheren Horizont der Schieferhülle darstellen als die vorgenannten Glimmerschiefer. Kalkglimmerschiefer samt zugehörigen, oft sehr dünnblättrigen und kohligen Phylliten und Grünschiefern liegen durchwegs isoklinal.

[1] Und in unserem Gebiet großenteils durch die ganz im Granitgneis steckende Silbereckscholle repräsentiert wird.

Man kann überzeugt sein, daß eine starke Faltung, die bis zu isoklinaler Stellung fortgeschritten ist, die beträchtliche Breite bedingt, in der diese Zone besonders im Norden zwischen Gasteintal, Arltal und Murwinkel auftritt, aber die Faltenzüge zu entwirren, ist bisher nirgends gelungen.

Über dieser bunten Zone folgen dann noch in sehr beträchtlicher Mächtigkeit eintönige kalkarme bis ganz kalkfreie Phyllite von meist graugrüner oder graubrauner Färbung, denen die kalkreicheren eigentlichen Kalkglimmerschiefer zu fehlen scheinen ebenso wie die typischen Grünschiefer.

In diesen obersten Komplex der Schieferhülle sind dann die Quarzit-Sericitschiefer, die Dolomite und Marmore des Mesozoikums eingebettet.

Sehr klar und zugleich recht gut aufgeschlossen sind diese Verhältnisse in dem Profil Kareck—Katschbergpaß. Hier ist die Mächtigkeit der Schieferhülle auf ein Minimum von 1000 *m* reduziert.

Wir verfolgen, um dieses Profil kennen zu lernen, den vom 2478 *m* hohen Kareck nach Osten ziehenden Grat (vgl. Taf. I, Profil).

Am Gipfel des Karecks stehen wir auf ziemlich hellem Granitgneis, der fast genau nordsüd streicht und unter 20° nach Osten einschießt. Der anfangs ziemlich felsige und zackige Grat besteht aus diesem Granitgneis, dem an mehreren Stellen kleine und größere Linsen von Dioritamphibolit eingeschaltet sind. Eine auffallend tiefe Einschartung und ein östlich davon aufragender Felskopf bestehen noch aus dem Granitgneis mit einzelnen basischen Einlagerungen. Die Schieferungsflächen zeigten hier knapp unter der Auflagerung der Schieferhülle Streichen N 10° W, Fallen 25° O.

In zirka 2240 *m* zeigen sich zwei auffallende, nicht sehr hohe Felsköpfe. Der erste besteht aus quarzreichem Glimmerschiefer mit Porphyroblasten von Albit und Ankerit (1), der zweite aus einer kaum 2 *m* mächtigen Lage von Quarzit. Streichen N 20° O, Fallen 28° O. (2).

Nun kommt ein breiter Abfall, sodann folgen abermals lichte Glimmerschiefer (1). Eine kleine Einsattlung bringt dunkle, glänzende, dünnblättrige Schiefer, die in einzelnen

Lagen Porphyroblasten von dunkler Farbe erkennen lassen (3), sodann folgen (4) abermals lichte Glimmerschiefer mit Feldspat-Porphyroblasten. Diese entsprechen wieder einer kuppigen Erhebung des Kammes. Dann folgt ein ziemlich breiter Abfall des Kammes, der ganz von dünnplattigen Scherben von Quarzit gebildet wird. Die Schichten der gar nicht sehr mächtigen Quarzitlage entsprechen dem Abfall der Kammlinie, die von zirka 2200 *m* auf 2100 *m* herabsinkt. In dieser Höhe finden sich auf dem breiter gewordenen Kamme ausgedehnte Schneegruben. Massenhaft liegen hier Blöcke von weißem Gangquarz herum.

Ein runder Hübel, der von kleinen Hohlwegen durchfurcht ist, besteht aus sehr dünnblättrigen dunklen phyllitischen Schiefern (5). Unmittelbar darüber ist eine Lage von dünnplattigen, rostgelb verwitternden Kalkschiefern aufgeschlossen (6), welche eine wenig mächtige Lage grauen körnigen Kalkes enthalten. Bei Seehöhe 2060 *m* erhebt sich am Kamm wieder eine kleine Stufe, welche zu unterst eine Kalkbank (7), darüber eine Lage Quarzit und darauf abermals dünnblättrige phyllitische Schiefer aufschließt. Die ganze Mächtigkeit dieses Komplexes beträgt etwa 2 bis 3 *m*.

Nun kommt abermals eine breite Absenkung des Kammes, welche von 2060 bis 2040 *m* herabreicht und typische graubraun verwitternde »Bratschen« erkennen läßt (8). Streichen N 10° W, Fallen 25° O.

Endlich in Seehöhe 2020 *m* treten die ersten Platten von Grünschiefer auf, welche nun bis auf den Sattel in Seehöhe 1940 *m* zirka herabreichen und beiderseits im Gehänge an vielen Entblößungen zu erkennen sind (9). Das dünnplattige Gestein liegt vollkommen konkordant über dem Kalkglimmerschiefer und zeigt eine S 40° O unter 15° geneigte Streckung an.

Vom Sattel steigt die Kammlinie wieder an gegen das etwas über 2000 *m* hohe Tschaneck. Der Abhang besteht aus dünnblättrigem Kalkphyllit, dem einige härtere Bänke von kalkreicherem Kalkglimmerschiefer eingeschaltet sind, deren Schichtköpfe im Abhang als »Wandeln« hervortreten (10).

Über diesen Wandeln findet sich eine zweite sehr wenig mächtige Lage von Grünschiefer, der auf dem Nordgipfel des

Tschaneck in sehr deutlichen Entblößungen auftritt und hier stellenweise sehr zierliche Magnetitoktaederchen enthält (11).

Während die bisher geschilderten Glieder der Schieferhülle durch ihre ausgeprägte ebene Schieferstruktur, vollkommen konkordante Lagerung und einen immer reichlichen, auch in der Vegetation allenthalben sich ausprägenden Gehalt an Carbonaten sich auszeichnen, weicht das nun folgende oberste Glied der Schieferhülle in mehrfacher Beziehung von den bisher beschriebenen ab:

1. durch das geringere Hervortreten des Kalkgehaltes, der ausgedehnteren Partien sogar völlig mangelt, was sich dann besonders über der Waldregion durch die charakteristische eintönige Flora von *Vaccinium, Empetrum, Azalea* und Flechten geltend macht. Indessen findet sich mikroskopisch häufig etwas Calcit und manche Lagen enthalten recht viel davon.

2. Die Schieferungsflächen sind nicht mehr eben, sondern wellig verbogen. Das Gestein sieht aus, als wäre es von lauter Quetschflächen oder Harnischen durchzogen, nach denen es in flach gekrümmte Scherben zerfällt.

3. Die Farbe ist im frischen Zustand graugrün. Sie erreicht weder das reine Bleigrau der Kalkphyllite noch das ausgesprochene Grün der Grünschiefer. Bei der Verwitterung entstehen rostbraune Farbentöne. Bemerkenswert ist noch die Armut an kohligen Substanzen.

4. An Festigkeit und Härte übertrifft dieses Gestein die gewöhnlichen Kalkglimmerschiefer und Grünschiefer; beim Zerschlagen erhält man leicht unter dem Hammer klingende Scherben, während die Kalkglimmerschiefer sich unter dem Hammerschlag eher mürb verhalten.

5. Quarzschwielen sind reichlich vorhanden und erreichen bisweilen beträchtliche Dimensionen.

Wir bezeichnen dieses oberste Glied der Schieferhülle mit einem vorläufigen Namen als Katschbergschiefer.

Petrographisch erweist es sich als wesentlich aus Sericit, Chlorit (optisch positiv, mit unternormalen Polarisationsfarben), Quarz, Albit zusammengesetzt. Struktur homöoblastisch; namentlich findet sich der Albit nie in Porphyroblasten wie in den Glimmerschiefern der inneren Schieferhülle. Calcit fehlt

nicht völlig; er findet sich in einzelnen Körnern oder auch in Kornflasern. In chloritreicheren Lagen stellt sich Epidot ein. Manche Lagen werden sehr quarzreich, so daß Quarzite sich herausbilden. Turmalin findet sich als akzessorischer Gemengteil; Eisenglanztäfelchen werden selten vermißt.

Unter der mesozoischen Kalkdecke am Tschaneckgipfel bildet dieser graugrüne Katschbergschiefer einen ganz schmalen Saum, der den Kalk vom oberen Grünschiefer trennt (12). Der Ostabhang des Tschaneck sowie der Katschbergsattel sind aus diesem Gestein zusammengesetzt. Erst die steileren Abhänge des Aineck östlich des Sattels, jenseits einer etwa 200 *m* breiten, ganz aufschlußlosen, von Torfmooren eingenommenen Strecke bringen dann den wulstig gefalteten, biotithaltenden Granatglimmerschiefer, der sich als ein ganz anderes Gebirgsglied erweist und, wie schon längst von Geyer u. a. erkannt, an einer Störungslinie an die Gesteine der Schieferhülle angrenzt.

Die Lagerung des Katschbergschiefers ist wechselvoller als die der liegenden dem Gneis genäherten Glieder der Schieferhülle. Unmittelbar unter dem Gipfelkalk des Tschaneck beobachtet man konkordantes Ostfallen wie am darunter liegenden Grünschiefer.

Am Ostrand der Kalkdecke, der sich als ein ganz ausgeprägter Erosionsrand erweist, indem an dem stellenweise felsig entwickelten Abhang die unteren Schichtköpfe der nach O geneigten Kalkschichten ausstreichen, treten die Katschbergschiefer mehrfach mit deutlichem Westfall zutage; in den Rundhöckern zwischen dem Lisabüchl und der Straße auf der Paßhöhe hat man zumeist Fallen gegen Ost; dagegen zeigen die Felsen im Walde östlich der Straße Fallen nach West, und zwar unter ziemlich steilen Winkeln (45 bis 65°).

Ganz ähnliche Profile wie das in dem Kammstück Kareck—Tschaneck—Katschberghöhe Schritt für Schritt zu verfolgende gibt die Schieferhülle auch in den benachbarten Gebieten, wenngleich nicht in dieser Vollständigkeit aufgeschlossen.

Ich will noch das Profil anführen vom Nordgipfel des Tschaneck längs der Nordnordostnase ins Murtal. Wir beginnen unten im Murtal (vgl. Profil in der Mitte).

1. Der steile Abhang des Bärenlackenwaldes der Karte besteht aus Gneis bis zur Isohypse von 1640 (1). Nun kommt:

2. lichter Glimmerschiefer, zum Teil mit Feldspatporphyroblasten und Ankerit, zum Teil quarzitisch entwickelt, meist schlecht aufgeschlossen; bei 1680 enthält er eine mächtige Quarzeinlagerung. Dieser reicht bis zirka 1870;

3. rotbraun verwitternder Kalkglimmerschiefer;[1]

4. 1890 *m* große Felsen von Grünschiefer, der bis 1920 anhält.

5. Nun folgen Kalkphyllite, welche bei 1925 eine kleine Bank von kompaktem Kalk enthalten. Der Kalkphyllit bedingt flacheren Abhang, der stark bewachsen ist und wenig Aufschlüsse bietet; noch bei 1970 *m* hat man deutlich schwärzliche blättrige Phyllite.

6. Nun beginnt die obere Bank von Grünschiefer, die sich bis 2000 *m* an einzelnen Felsköpfen verfolgen läßt, darüber

7. Katschbergschiefer mit einer ganz kleinen Kappe von mesozoischem Kalk auf dem Gipfel des Tschaneck.

Schließlich sei noch das Profil beschrieben, welches man erhält, wenn man im Murtal die Aufschlüsse am rechten Ufer verfolgt.

Von Schellgaden, wo eine Lage von chloritreichem Topfstein im Gneis für Gestellsteine abgebaut wurde, bis über die Mündung des Kaltenbachgrabens hinaus steht die Randzone des Granitgneises an. Noch die Felsen, welche die Mündung des nördlich auf den Kaltenbachgraben folgenden Grabens flankieren, bestehen aus abwechselnden Lagen biotitreichen und glimmerarmen, ziemlich feinkörnigen, schiefrigen Gneises. Er zeigt hier Streichen N25° W, Fallen 24° ONO.

Die Grenze gegen die lichtblättrigen porphyroblastischen Glimmerschiefer ist nicht aufgeschlossen, doch trifft man in kurzem Abstand in zwei Bachrunsen Aufschlüsse dieser charakteristischen Gesteine, denen hier eine nicht sehr mächtige Bank von hellgefärbten kalkreicheren Schiefern eingeschaltet ist, die einen kleinen Wasserfall veranlaßt.

---

[1] Die im Profil eingezeichnete Marmorbank, die mit der Bank 7 des vorigen Profils und mit einigen anderen Ausbissen in Zusammenhang gebracht wird, ist gerade an der Kante nicht aufgeschlossen, wohl aber an dem nördlich vorbeiziehenden Horizontalweg.

Nun fehlen wiederum eine kurze Strecke die Aufschlüsse am waldigen Fuß des Höferberges. Am schräg aufsteigenden Almweg oberhalb des bei der Kote 1050 gelegenen Hofes hat man im Wald anstehend ebenplattige dunkelgraue Kalkphyllite, die eine stärkere Bank von grauem Marmor hervortreten lassen. Streichen N 5° O, Fallen 20° O wurde gemessen. Zahlreiche scharfe Klüfte, N 50° O streichend und seiger oder steil nordwest fallend, gliedern den Fels.

Nun unterbricht eine breite Terrasse von Moränenmaterial die Aufschlüsse.

Erst wo bei Lattendorf der Bergfuß sich scharf nach Osten wendet, kommt wieder der Fels zum Vorschein. Beim Wehr, das den Werkskanal für die Glasfabrik abdämmt, hat man schwarze dünnblättrige Kalkphyllite (Streichen N 20° O, Fallen 25° O), die in unterbrochenen Aufschlüssen sich etwa 250 *m* weit verfolgen lassen. Über ihnen lagert ein wenig mächtiges ebenplattiges Lager von kompaktem Kalk (Streichen N 35° O, Fallen 18° O), durchsetzt von steilen ebenflächigen Klüften (Streichen N 15° O, Fallen 80° W). Darüber folgt nun ein ziemlich ausgedehnter Komplex von kalkärmeren phyllitischen Gesteinen, zuerst wulstig, schwärzlich, gefältelt mit vielen kleinen Quarzschwielen, zu oberst hellgrünlich gefärbt, ebenplattig. Die Lagerung schwankt zwischen Streichen N 5° W, Fallen 20° O und Streichen N 35° W, Fallen 40° O. Parallel den durch das Zusammenstoßen dieser Schieferungsrichtungen entstehenden Sattelachsen ist eine Streckung schwach angedeutet, die die Richtung S 50° O unter 18° am Kompaß ablesen ließ. Klüfte streichen N 50° O, fallen 50° NW.

Die letzten 200 *m* bis zur Mündung des Klausgrabens bei der Glasfabrik werden von einem typischen Kalkglimmerschiefer gebildet; dessen Strukturflächen zeigen: Streichen N 60° O, Fallen 20° O. (Diese merklich abweichende Lagerung ist vielleicht durch Abknicken der Bratschenflächen entstellt.) Eine zweite Beobachtung, etwas höher am Almweg genommen, gibt: Streichen N 35° O, Fallen 28° O.

Ausgezeichnete Aufschlüsse, die sich an die bisherigen unmittelbar anschließen, bietet die Mündung des Klausgrabens. Hier herrscht schöner Grünschiefer, von dem man unschwer

drei Varietäten unterscheiden kann, die übrigens im bunten Wechsel in jedem Aufschluß sich nachweisen lassen:

a) gleichmäßig dunkelgrün, feinschuppig, chloritreich; die übrigen Gemengteile machen sich makroskopisch wenig bemerkbar;

b) bandstreifig, dunkelgrün durch vorherrschenden Chlorit und gelbgrün durch Epidot gefärbt;

c) auf grünem, chloritisch gefärbtem Grund durch weiße Schmitzen von Albit gesprenkelt. Diese Varietät läßt oft auch etwas Biotit in feinen Flasern erkennen, ferner kleine Oktaederchen von Magnetit.

Mehrere Steinbrüche sind in diesem Grünschieferkomplex angelegt. Im untersten beobachtet man: Streichen N 10° W, Fallen 20° N, Klüfte streichen N 40° O. fallen 60° NW und eine merkliche Streckung S 50° O unter 15°.

Im zweiten wenig höheren Steinbruch: Streichen N 25° O, Fallen 25° SO; Klüfte streichen N 50° O, fallen 70° NW, Streckung S 50° O unter 22°.

Oberhalb des zweiten Steinbruches sieht man dem Grünschiefer eine wenige Meter mächtige, in der Karte kaum ausscheidbare Bank von lichtgrünlichem Kalkglimmerschiefer eingeschaltet, mit einem licht gelblichweißen Marmorbänkchen, darüber dann rauchgrauen Kalkphyllit mit grauem Marmor. Die ganze Einlagerung kaum 3 *m* mächtig. Darüber erst folgen dann noch weitere mächtige Felsen von Grünschiefer, der auch jenseits des Klausgrabens ansteht. Er zeigt flasrigwulstige Schieferungsflächen, streicht N 50° O, fällt 15° SO und zeigt sich ebenfalls gestreckt nach S 40° O unter 10 bis 15°.

Im Hangenden des Grünschiefers bringen nun die nächsten Felsentblößungen graugrüne, harte Katschbergschiefer, von Quarzschwielen reichlich durchzogen, stark wulstig gestreckt, im übrigen von ähnlicher Lage: Streichen N 20° O, Fallen 15° SO; Klüfte: Streichen N 40° W, seiger und Streichen N 40° O, Fallen 75° NW.

Nach kurzer Unterbrechung treten aus dem grasigen Abhang abermals dergleichen Schiefer hervor, die sich aber durch reichlicheren Chlorit- und Epidotgehalt den Grünschiefern

nähern. Die Lagerung ist ganz ähnlich: Streichen N 40° O, Fallen 30° SO; Klüfte: Streichen N 40° W, seiger und Streichen N 50° O, Fallen 60° NW.

Nun fehlt auf etwa 150 *m* jeder Aufschluß. Erst in dem kleinen Wassergraben treten wieder Entblößungen zutage, aus einem vollkommen reinen, weißgrauen, glasig durchscheinenden, aber wohl geschichteten und gebänderten Quarzit bestehend. Die Lagerung (Streichen N 15° O, Fallen 25° O, Klüfte: Streichen N 15° O, seiger; Streckung S 50° O unter 20°) ist völlig konkordant mit der der übrigen Gesteine. Die Mächtigkeit ist nicht zu ermitteln, da weder das Hangende noch das Liegende aufgeschlossen ist (vgl. Profil *q*).

Nun folgen auf der schön bewachsenen Wiese noch weitere sehr unvollkommene Aufschlüsse von chloritreichen Schiefern, dann auf einer fast $^1/_2$ *km* reichenden Strecke keine Aufschlüsse bis zu der Poststraße oberhalb Stranach. Hier treten in sehr verdrücktem Zustand und kläglich verwittert Katschbergschiefer zutage. Östlich von der Straße sieht man an den Waldrändern alsbald die Blöcke des biotitreichen Granatglimmerschiefers auftauchen, aus denen die Kuppe des Aineck besteht.

Die drei ausführlicher beschriebenen Profile sind in der beigegebenen Tafel kombiniert dargestellt, und zwar projiziert auf eine durch Kareck—Katschbergsattel gelegte, von Ost nach West streichende Vertikalebene. Eine große Anzahl anderer Beobachtungen sind bei der Herstellung dieses Bildes verwendet, das wohl den Eindruck einer großen Regelmäßigkeit der Lagerung hervorbringt.

Nehmen wir zu diesen drei ausführlicher beschriebenen Profilen noch hinzu, was sich in dem Abschnitt Murtörl—Riedingscharte und in dem Profil Mur—Zederhaus beobachten läßt, so kann man wohl sagen, daß die Schieferhülle des Zentralgneises auch in dem jetzt studierten Gebirgsabschnitt jene Gliederung erkennen läßt, die in dem vorjährigen Bericht erörtert wurde. Es wurde unterschieden von oben nach unten:

II. Obere Stufe:

b) kalkfreie bis kalkarme Phyllite ohne Kalkglimmerschiefer, ohne Grünschiefer;

a) Wechsel von Kalkphyllit, Kalkglimmerschiefer und Grünschiefer.

I. Untere Stufe:

c) oberer Glimmerschiefer, zum Teil porphyroblastisch durch Albit, wesentlich aus Muscovit, selten mit Granat oder Biotit, häufig mit Klinochlor;

b) Marmor;

a) unterer Glimmerschiefer, meist schuppig, biotithaltig, oft granatführend.

Die unteren Glimmerschiefer I *a* scheinen hier zu fehlen. I *b* und I *c* setzen die Silbereckscholle zusammen, I *c* bildet die unterste Lage der zusammenhängenden Schieferhülle, darüber überall II *a*; II *b* ist durch die Katschbergschiefer repräsentiert.

Mesozoische Einlagerung *(M)*.

Den Katschbergschiefern aufgelagert, teilweise in dieselben eingeklemmt und eingefaltet zeigt sich am Katschberg eine durch Erosion in einzelne Schollen zerlegte Decke von Kalk und Dolomit, welche mit den Gesteinen, die unmittelbar nördlich bei St. Michael auftreten, sowohl nach ihrer petrographischen Ausbildung als auch nach ihrer Lagerung offenbar zusammengehört. Die Kalke und Dolomite von St. Michael wiederum hängen mit denen des Speierecks zusammen und diese vermitteln den Zusammenhang mit den mesozoischen Ablagerungen der Radstädter Tauern, so daß man wohl die Gesteine der Katschbergdecke als mesozoisch ansprechen darf.

In dem früher beschriebenen Profil Kareck—Tschaneck—Aineck treten sie als eine wenig mächtige, wellig gelagerte und durch Erosion in drei Schollen zerlegte Decke über den Katschbergschiefern auf.

Die Gipfelpartie des Tschaneck wird aus diesem hellen, dichten, stellenweise deutlich geschichteten Gestein gebildet. Diese höchstgelegene Scholle läßt an ihrem Südostrand eine ziemliche Mächtigkeit erkennen. Hier treten die unteren Schichtköpfe frei gegen Südost zutage. Nach oben nimmt die Mächtigkeit der Kalkdecke ab und in der Nähe des Kammes kommt sogar in einem Fenster der Katschbergschiefer der Unterlage zum Vorschein.

Im Liegenden dieser obersten Scholle haben die Katschbergschiefer öfter quarzitische Ausbildung und widersinniges, gegen Westen gerichtetes Einfallen wurde mehrfach beobachtet.

In der Höhe von 1840 *m* findet sich eine kleine Kalkscholle. Die unterste Scholle bildet den Lisabüchl. Über den äußerst unregelmäßig gelagerten Katschbergschiefern erhebt sich eine gegen 20 *m* hohe gestufte Felswand, die aus einem Wechsel von gebändertem glimmerführendem Kalkspat-Marmor und kurzklüftigem, feinkörnigen, graublauen, ockerig verwitternden Dolomit besteht. Dreimal schalten sich graublaue bis schwärzliche, wenige Dezimeter mächtige Schieferzwischenlagen ein, in denen man, wenn man will, Äquivalente der Pyritschiefer erblicken kann. Im Ausgehenden neigen sich die Dolomit- und Kalkbänke flach nach Westen.

Über den Dolomitbänken folgen dann dünner geschichtete Marmore, deren Oberfläche deutliche Dollinenkessel trägt. Die Bänke liegen der Oberfläche parallel und zeigen sehr mannigfaltiges Einfallen, jedoch zumeist gegen Osten gerichtet.

Die Gesamtmächtigkeit der augenscheinlich durch die Erosion bereits stark reduzierten Kalk-Dolomitdecke überschreitet nicht 50 bis 60 *m*.

Bemerkenswert dürfte sein, daß die Schichtköpfe der Kalkdecke westlich vom Katschbergsattel in die Luft hinausgehen, daß also eine etwa unter die Granatglimmerschiefer des Aineck sich fortsetzende Decke in der Höhe des Katschbergsattels sich nicht nachweisen läßt.

Auf dem Nordgipfel und der Nordostnase des Tschaneck lagert gleichfalls, aufruhend auf dem Katschbergschiefer, eine ähnliche Scholle oder eigentlich drei. Die oberste bildet den Nordgipfel, sie ist ein nur wenige Quadratmeter großer Rest. Eine zweite reicht von 2010 *m* bis etwa 1950 *m* herunter; die dritte größte beginnt bei 1930 *m* und erstreckt sich am Nordostabhang bis unter den markierten Horizontalweg, der von der Katschberghöhe zum Sattel zwischen Tschaneck und Bärenkopf führt. Überall lagert hier der Kalk auf dem Katschbergschiefer, der insbesondere zwischen 1900 und 1800 *m* quarzitisch ausgebildet ist. Überall trennt das manchmal nur wenige Schritte breite Band von Katschbergschiefer den Kalk von dem schmalen

Grünschieferband, das mit größter Regelmäßigkeit vom Tschaneck herabzieht. Die untere Grenze dieser größten Kalkscholle ist schlecht aufgeschlossen. Dicht gewachsener Waldbestand hindert die Beobachtung: doch wurde an mehreren Stellen zwischen Katschbergschiefer und Kalk ockerig verwitternde, manchmal vollkommen zu Pulver zerfallende Rauchwacke angetroffen.

Eine weitere Entblößung in den mesozoischen Gesteinen, leider in dichtem Wald gelegen und daher in den Grenzen schlecht aufgeschlossen, findet sich östlich von dem großen Knie der Straße St. Michael—Katschberg auf dem Lerchkogel. Zwei Steinbrüche sind in dem vorwaltend feinkörnigen lichten dolomitischen Kalk angelegt. Die Masse zeigt stellenweise deutliche Schichtung. In dem unteren von St. Michael aus sichtbaren Steinbruch, der bei 1290 *m* Seehöhe liegt, beobachtet man Schichtung: Streichen N 15° O, Fallen 20° SO; auffallende Klüfte, die im Verein mit der Schichtung das Gestein in Kuboide zerlegen, streichen N 20° O, fallen 75° W. Eine deutlich sichtbare Streckung hat die Richtung N 50° O unter 30°.

Das obere südliche Ende der Lerchkogelscholle ist durch Schotterbrüche aufgeschlossen. Der feinkörnige, fast dichte, licht blaugraue dolomitische Kalkstein streicht hier in sehr ebenen Platten N 20° O, fällt 40° SO und zeigt in der Fallrichtung eine recht bemerkbare Streckung; dieser Schotterbruch liegt ungefähr in 1370 *m* Seehöhe.

Westlich von der Dolomiteinlagerung hat man an der Straße allenthalben Aufschlüsse in Kalkphyllit und Grünschiefer. Ich notierte: Höhe 1220 *m* an der Südweststrecke der Straße, erst quarzitische Schiefer, dann typische »Bratschen« (Kalkglimmerschiefer); Streichen N 10° W, Fallen 16° O, Streckung S 40° O unter 12°; bei dem Knie der Straße Grünschiefer, darüber Moräne; bei Höhe 1310 *m*, *km* 125, abwechselnde Lagen von bleigrauen, lichtgrünen, kalkigen, dann quarzitischen, ockerig verwitternden Kalkglimmerschiefern, lagenweise Pyritwürfelchen führend; Schichtung: Streichen N 65 bis 70° O, Fallen 25 bis 20° S; Streckung S 35° O unter 20°; Klüfte: Streichen N 5° O, Fallen 65° NO und Streichen N 55° W, Fallen 75° NO.

Hier ist man augenscheinlich noch in der Schieferhülle unter dem Katschbergschiefer. Das unmittelbar Liegende des Dolomites ist nicht aufgeschlossen. Dagegen sieht man östlich vom Dolomit in dem seichten Graben, der ihn vom Hintergehänge trennt, allenthalben typische Katschbergschiefer anstehen, mit merklich steilerem Einfallen gegen Nordost, so z. B. bei Seehöhe 1320 *m*, Fuhrweg östlich vom Lerchkogel, Streichen N 60° O, Fallen 50° SO; ferner auf dem gewöhnlichen Anstieg zum Aineck in Seehöhe 1470 *m* blätterige Katschbergschiefer fallen steil östlich; und in Seehöhe 1520 *m* Streichen N 35° O, Fallen 65° NW.

Endlich findet sich noch tiefer am Abhang, und zwar unmittelbar an der Poststraße in Seehöhe 1110 *m* bei einem Kalkofen oberhalb Stranach noch ein kleines Kalkvorkommen, das auch bereits von Geyer beobachtet wurde.

Es handelt sich um eine nur wenige Meter mächtige Einlagerung von graublauem Bänderkalk in den rostig verwitterten, mergelig und wulstig geschieferten und gefalteten Katschbergschiefern. Die Schieferungsflächen des Schiefers und die Schichtflächen des Kalkes zeigen an den verschiedenen Aufschlußstellen recht verschiedene Lagen, aber im allgemeinen östliches Einfallen.

So wurde beobachtet:

gleich oberhalb Stranach am Schiefer Streichen N 20° O, Fallen 30° SO, etwas weiter östlich Streichen N 35 bis 50° O, Fallen steil SO;

kleine Kalkbank am Straßenhang beim Kalkofen, überlagert von rostig verwittertem Schiefer, Streichen N 70° O, Fallen 20° SO;

etwas höher am Straßenrand Kalk, plattig, blaugrau und gelblich gebändert, Streichen N 40° W, Fallen 45° NO;

Schiefer gleich oberhalb des Kalkes, Streichen N 10° W, Fallen 60° O.

Der Kalk läßt sich, immer begleitet von Katschbergschiefer, etwa 200 *m* weit längs des von der Straße abzweigenden Fußweges bis zu dem westlich vom Gaisriegl herabkommenden Bach verfolgen; wo er verschwindet, beobachtete ich an den Katschbergschiefern im Liegenden Streichen N 10° W, Fallen

35° O. Daß diese kleine Kalklinse einen abgequetschten Ausläufer des Lerchkogelkalkes darstellt, ist nach der Lagerung nicht unmöglich, ja wahrscheinlicher, als daß man es mit einer stratigraphisch zum Katschbergschiefer gehörigen Kalkbank zu tun hat.

Die Kalke und Dolomite des Katschbergpasses, welche hier zur mesozoischen Decke der Radstädter Tauern in Beziehung gebracht werden, sind allerdings stellenweise recht deutlich krystallinisch; das gilt namentlich für die Calcit-Marmore, die auch feine helle Glimmerflitterchen führen. Immerhin ist zwischen diesen Marmoren und denen der Silbereckscholle ein großer Unterschied. Bei den letzteren ist die Korngröße etwa 10 bis 20 mal so groß.

Der Granatglimmerschiefer des Aineck.

Östlich von der Linie, die durch die Punkte Katschberghöhe, Straßenknie bei Stranach fixiert ist, findet sich an den steilen Abhängen des Aineck überall in Lesesteinen der biotitführende Granatglimmerschiefer mit erbsen- bis haselnußgroßen Granaten. Die Aufschlüsse sind spärlich und erst in höherer Lage in einiger Ausdehnung zu beobachten. Das Gestein zeigt überall eine weitgehende und recht unregelmäßige Faltung und Fältelung. Die Sattelachsen der kleinen Fältchen streichen im allgemeinen von Ost nach West mit einer kleinen Abweichung gegen Nordwest; ein regelmäßiges Einfallen der Schieferungsflächen ist nicht zu beobachten, doch scheint Einfallen gegen Süd und Südwest vorzuherrschen; zahlreich sind ungefähr von Nord nach Süd laufende seigere Klüfte. Dünnschliffe dieses Gesteins zeigen eine eigentümliche Struktur. Gemengteile sind neben den Porphyroblasten von Granat: Quarz, Biotit und Sericit. Quarz und Biotit sind stark mechanisch deformiert. Sericit bildet Stränge und Lagen, die wie ein später aufgeprägtes Adernetz das Gestein durchziehen.

Die Katschberger Störungslinie.

Aus den Beobachtungen, die auf der Nordseite des Katschberges angestellt wurden, ist die Natur der Störungslinie, welche dieses Gestein von der Schieferhülle und den meso-

zoischen Auflagerungen und Einfaltungen trennt, nicht mit Sicherheit zu entnehmen.

Das kombinierte Profil (vgl. Tafel) erweckt allerdings den Anschein, daß es sich um eine unter etwa 30° nach Ost geneigte Überschiebung des Granatglimmerschiefers auf die Schieferhülle handle. So wurde auch das Verhältnis von Geyer aufgefaßt und weiter im Norden im Taurachtal sind ähnliche Überschiebungen in viel größerem Maßstabe deutlich nachweisbar.

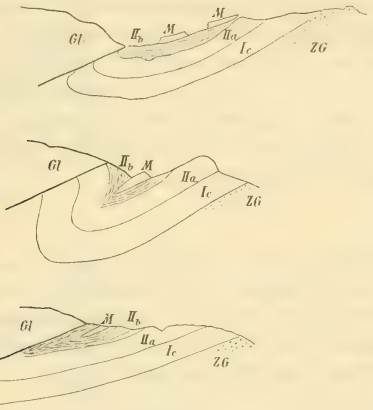


Fig. 5.

Gl Granatglimmerschiefer.
ZG Zentralgneis.
M mesozoischer Kalk und Dolomit.
Ic oberer Glimmerschiefer.
IIa Kalkphyllit und Grünschiefer.
IIb Katschbergschiefer.

Immerhin ist zu erinnern, daß die hier zusammengefaßten Profile auf eine von Ost nach West gerichtete Vertikalebene projiziert sind. Das Streichen der Schichten ist aber nicht genau nordsüd, sondern an den entscheidenden Stellen in der Nähe der Grenze des Granatglimmerschiefers N 15 bis 20° O. Rückt man die Projektionsebene in die zu diesem Streichen senkrechte Lage, so fällt die Grenze zwischen Katschbergschiefer und Granatglimmerschiefer auf der Höhe des Katschbergs fast senkrecht über die im Horizont des Murtales bei Stranach gelegene.

Leider ist, wie schon erwähnt, das oberste Glied der Schieferhülle, der Katschbergschiefer, nirgends im Zusammenhang mit dem Granatglimmerschiefer aufgeschlossen. Zwischen den beiderseitigen Entblößungen liegen entweder von Geröll erfüllte, mit Wald verwachsene Gräben oder die Grenze wird durch eine vermoorte Terrasse von 100 bis 200 Schritt Breite gebildet. Vielleicht liefern die Beobachtungen, die im nächsten Jahr auf die Südseite ausgedehnt werden sollen, den erwünschten Einblick.

Für die Auffassung als Überschiebung läßt sich geltend machen, daß der Katschbergschiefer im obersten Profil als wellige Mulde gelagert ist; im mittleren Profil zeigt sich eine scharf geknickte Mulde mit dem mesozoischen Kalk im Muldenkern; das unterste endlich zeigt das ganze Paket in isoklinaler Stellung, so daß sich obige drei schematische Profile zeichnen lassen (Fig. 5), die ein Ausheben der mesozoischen Einfaltung gegen Süd andeuten.

Bemerkung zur Kartenskizze. In der Kartenskizze sind die Beobachtungen von F. Berwerth aus den Jahren 1895 bis 1899, ferner eigene Beobachtungen zugrunde gelegt. Das Südostende der Silbereckscholle in der Pölla ist nach den Aufnahmen von Geyer eingetragen.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Die eiszeitliche Vergletscherung der Bösensteingruppe in den Niederen Tauern

von

Dr. **Ludmil Hauptmann** und Dr. **Franz Heritsch.**

(Mit 1 Karte und 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Mai 1908.)

(F. H.) Bei Gelegenheit der von mir mit Subvention der hohen Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien vorgenommenen geologischen Kartierung der Umgebung von Hohentauern—Sunk—Trieben wurde auch den glazialen Erscheinungen Aufmerksamkeit geschenkt, was durch die gut erhaltenen Moränenreste sehr erleichtert wurde. Zur gleichen Zeit arbeitete mein Freund, Dr. Ludmil Hauptmann, im selben Gebiete an der Erforschung der eiszeitlichen Vergletscherung; daher erscheint es nicht unzweckmäßig, mit unseren Ergebnissen gemeinsam vor die Öffentlichkeit zu treten, zumal über die Vergletscherung unseres Gebietes wenig bekannt ist. So mögen denn die folgenden Zeilen einen kleinen Beitrag zur Kenntnis der glazialen Geschichte eines wenig besuchten Gebirgstockes geben, eines Gebirgstockes, der nicht nur in bezug auf die eiszeitlichen Ablagerungen, sondern auch an glazialen Formen manch Interessantes bietet, um von den geologischen Verhältnissen ganz zu schweigen.

Die Bösensteingruppe gehört nach der Böhm'schen Einteilung der Ostalpen[1] zur Gruppe der Rottenmanner Tauern; die Rottenmanner Tauern, ein Teil des nordsteirischen Gneisbogens, werden nach Böhm durch das Pölstal und den Polster

[1] A. Böhm v. Böhmersheim, Einteilung der Ostalpen. Geographische Abhandlungen von Penck, 1. Bd., 3. Heft.

von den eigentlichen Niederen Tauern abgetrennt. Diese Grenze tritt nach Böhm physiognomisch und geologisch scharf hervor, indem auf der einen Seite Gneis, auf der anderen Glimmerschiefer das Gebirge aufbaut.

Die Rottenmanner Tauern werden durch die tiefe Einsattlung des Rottenmanner oder Hohentauern in zwei ungleich große Teile, in die kleinere Bösensteingruppe nördlich des Passes gelegen und in die bedeutend größere Gruppe der Sekkauer Alpen, zerlegt. Sekkauer Alpen und Bösensteingruppe zeigen denselben geologischen Bau, Gneis und Granit bauen die Berge auf, während sich an dem nordöstlichen Abhang paläozoische Ablagerungen in komplizierten Lagerungsverhältnissen hinziehen. Die höchste Erhebung der Rottenmanner Tauern zeigt der Große Bösenstein (2449 *m*).

Ein Blick auf die Karte oder der Anblick der Bösensteingruppe von irgend einer Seite läßt keinen Zweifel aufkommen, daß diese Berge in der Eiszeit vergletschert waren, zeigen doch die Höhen alle jene Formen, die für die ehemals vergletschert gewesenen Gebirge so ungemein bezeichnend sind; unter den Graten zieht sich eine Reihe von schönen Karen hin, die besonders an der dem Paltentale zugewendeten Seite der Gruppe gut entwickelt sind. Zeigen nun schon die Formen des Gebirges, daß die Bösensteingruppe in der Eiszeit der Ausgangspunkt einer Reihe von Eisströmen war, so wird dies durch die genauere Durchsuchung des Gebietes zur Gewißheit. Wir finden die Moränen der eiszeitlichen Gletscher überall gut erhalten. Wir wissen aber auch dank den Forschungen Böhm's, Richter's und Penck's, daß in dem nördlich der Bösensteingruppe sich hinziehenden Ennstal der Ennsgletscher in so großer Mächtigkeit dahinfloß, daß er in das Paltental einen mächtigen Eisstrom abgab. Es wird sich daher auch darum handeln, ob die Gletscher der Bösensteingruppe mit dem Ennsgletscher sich vereinten oder ob man es nur mit einer Lokalvergletscherung, die mit dem Eisstromnetz der Alpen keine Beziehungen hatte, zu tun hat.

Bevor nun auf diese Verhältnisse näher eingegangen wird, scheint es zweckmäßig zu sein, eine kurze Übersicht über die Literatur zu geben. Durch die Studien A. Böhms von

Böhmersheim[1] und A. Pencks[2] wissen wir, daß der durch das Ennstal herabfließende Eisstrom bei Selztal noch eine Höhe von 1400 bis 1500 *m* hatte. Es ist auch bekannt, daß der Ennsgletscher einen Arm in das Paltental, welches selbst keinen Eisstrom beherbergte, sandte; E. Richter[3] und Böhm[4] geben das Ende dieses Gletscherarmes bei Fürth, bei Treglwang an. Nach einer Angabe von H. Meißner[5] befindet sich auf der Kaiserau bei Admont eine Moräne, die von einer Auslappung des Paltenarmes des Ennsgletschers herrührt; diese Moräne liegt in einer Höhe von zirka 1100 *m*; es hat sich also die Eisstromhöhe auf der Strecke von Selztal bis Bärndorf-Kaiserau um zirka 300 *m* gesenkt. Von der Au bis zum Gletscherende senkt sich das Eis wieder um zirka 400 *m*, was auf ein bedeutendes Gefälle des Gletschers schließen läßt. Wie später erörtert wird, läßt sich das Gefälle des Paltenarmes des Ennsgletschers annähernd durch die Höhe der Stufenmündungen der aus den Bergen südöstlich des Paltentales auslaufenden Gräben ermitteln. Vorläufig sei nur erwähnt, daß die Eisströme der Rottenmanner Tauern mit einer einzigen Ausnahme das Eis im Paltentale nicht erreichten.

Über die Vergletscherung der Bösensteingruppe selbst bietet die Literatur nur spärliche Nachrichten. E. Richter (a. a. O.) bringt einige Angaben. Richter führt aus, daß der Kamm der Rottenmanner Tauern mit einer großen Anzahl von schönen Karen besetzt ist, von welchen eine Lokalvergletscherung ausging, das Liesingtal selbst war eisfrei. Richter stellt es als fraglich hin, ob der Gletscher des Triebentales den Paltengletscher erreichte, und bestimmte das Ende des

---

[1] A. Böhm v. Böhmersheim, Die alten Gletscher der Enns und Steyr. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1885, p. 429 bis 613.

[2] Penck-Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter.

[3] E. Richter, Geomorphologische Unternehmungen in den Hochalpen. Petermann's Ergänzungshefte 132.

[4] A. Böhm v. Böhmersheim, Die alten Gletscher der Mur und Mürz. Abhandlungen der k. k. Wiener geographischen Gesellschaft, II, 1900.

[5] H. Meißner, Bericht über die Alpenexkursion des Wiener geographischen Seminars im Juli 1904. Geograph. Jahresbericht aus Österreich. V. Jahrgang, 1907.

Pölsgletschers, der nach seiner Angabe hauptsächlich aus dem Pusterwald genährt wurde, als bei Götzendorf oberhalb Pöls liegend. Diese Ansicht E. Richters von der großen Ausdehnung des Pölsgletschers läßt sich, wie später ausgeführt wird, nicht halten. Richter stellt es dann bei seinen weiteren Ausführungen als fraglich hin, ob die Lokalgletscher der Bösensteingruppe den Paltengletscher erreichten oder nicht. — Einige neue Nachrichten über glaziale Ablagerungen der Bösensteingruppe bringt H. Meißner; diese Angaben werden in den folgenden Teilen genauer besprochen werden.

Es soll nun zuerst der Pölsgletscher behandelt werden; dann werden die Gletscher der Umgebung von Hohentauern (Bösensteingletscher, Triebenbachgletscher usw.) erörtert werden; es folgt dann die Darstellung des Schwarzenbachgletschers, des Strechaugletschers und der übrigen kleineren Gletscher der Bösensteingruppe und zum Schluß werden einige Fragen der glazialen Morphologie besprochen werden.

(L. H.) Der Pölsgletscher.

Richter hatte geglaubt, dem Pölsgletscher eine Erstreckung bis in das Becken von Pöls zuschreiben zu können, da ihm die Götzendorfer Moränen von dem Pölsgletscher herzurühren schienen. Erst Aigner[1] und, unabhängig von ihm, die Wiener Exkursion von 1904[2] konnten feststellen, daß die Moränen keinerlei genetische Beziehungen zu der Pölsvergletscherung besitzen, sondern vielmehr nach Gesteinsmaterial und Lage unbedingt dem Murgletscher zuzuweisen sind.

Das Zungenbecken des letzteren ist bekanntlich die Talweitung von Judenburg. Während aber die Würm-Rißendmoränen zwischen Talheim und Judenburg abgelagert wurden, die ihnen entsprechenden Gletscher also auf dieser Strecke nur mehr sehr unbedeutende Eishöhen besaßen, muß die Eisstromhöhe vor der Riß- und Würmeiszeit hier noch so stattlich gewesen sein, daß sich ein Gletscherlappen über die

[1] Aigner, Eiszeitstudien im Murgebiete. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 1905, p. 417.

[2] Meißner, l. c. p. 901.

Einsattelung des 811 *m* hohen Pölshalses verschieben konnte. Noch heute zeugen seine schön bearbeiteten Rundbuckel von diesem Überfließen. In dem Tal der Pöls schuf sich nun der Ast des Murgletschers ein Zungenbecken und schüttete in einem flach nach Südwesten geöffneten Bogen seine Endmoränen auf, deren Reste in den Wallstücken von Mauterndorf, Götzendorf bis Kurzheim, Pölshof bis Ruine Reifenstein zu erkennen sind. Die Hochterrasse geht mitten durch die Moränen und beweist so, daß deren Ablagerung vor der Rißeiszeit erfolgt ist. Die Pöls, die durch den Gletscher gestaut wurde, mußte sich einen neuen Lauf suchen und erodierte eine Furche, die durch die Hügelkette von Taling bis Unterkurzheim gekennzeichnet ist.

Ebensowenig wie die genannten Moränen, dankt die Hochterrasse, die sich durch das Pölstal aufwärts — bald rechts, bald links, bald wiederum auf beiden Seiten ausgebildet — hinzieht, ihre Entstehung dem Pölsgletscher. Vielmehr veranschaulicht schon die Spezialkarte in deutlichster Weise, wie die Schotterterrasse aus dem Zeiringgraben ausstreicht.

Nördlich des Eisenbergwerkes beginnend, breitet sich die Terrasse bis zur Propstei im Osten aus und verschmälert sich unterhalb Unterzeiring immer mehr, nur in der Mitte durch die Querfurche des Blabachs breit durchschnitten. Steil, im Norden fast mauergleich, erhebt sie sich aus dem Pölstal. Man erkennt klar, daß das Tal, abgedämmt durch die Terrasse, aufwärts bis nach Möderbruck eben aufgeschüttet und durch den mäandrierenden Bach in einen sumpfigen Boden verwandelt worden ist, aus dem die Pöls nur hart am linken Talgehänge einen Ausweg findet.

Die Oberfläche der Terrasse, die sich sanft nach Süden neigt, ist tischeben, nur beim Eintritt des Blabaches in das Pölstal wird die rechte Berglehne von einem Streifen unruhigen Geländes begleitet, dessen flache Wellen fast an die niedrigen Moränenrücken in dem Walde westlich des Judenburger Bahnhofes erinnern. Allein bei einer Umfrage stellte sich heraus, daß einst hierher ein Arm des Blabaches geleitet worden war, um eine Mühle zu treiben. Darauf ist offenbar die Entstehung der erwähnten Bodenwellen zurückzuführen.

Es war angezeigt, die Terrasse eingehender zu beschreiben, weil sie Meißner als einen Schuttkegel auffaßt.[1] Davon kann natürlich nach dem Gesagten keine Rede sein, vielmehr bestätigt sich Aigner's Vermutung, daß man es hier mit einer Schotterterrasse zu tun hat, und zwar einer Terrasse, die wieder nicht dem Pölsgletscher — dem widerspricht doch, abgesehen von allem anderen, die Stauung der Pöls im Norden —, sondern dem über den Hocheckersattel in den Gsellengraben überfließenden Murgletscher angehört.[2]

Das ganze Tal aufwärts bis über St. Johann zum Gasthaus Bruckenhauser ist frei von Eiszeitspuren. Zwar folgen mehrere Böden aufeinander, allein sie sind nur durch die Querriegel von Schuttkegeln bedingt; und auch die ziemlich häufigen Terrassenfetzen sind reine Schotterkegelterrassen. Die Gehänge verraten nichts von der formbildenden Kraft der Gletscher und auch der Pusterwald-Bretsteingraben, der bei Möderbruck mündet, zeigt mindestens bis Pusterwald und Bretstein nichts, was außerhalb des Formenschatzes von Erosionsgräben in Gebirgslandschaften läge.

Erst hinter dem Gasthaus Bruckenhauser steigt ein hoher Moränenwall an, reich mit Blöcken bestreut, der das Ende eines von den Karen des Lerchkogels und Griessteins kommenden Gletschers angibt.[3]

Kaum eine Stunde weiter nördlich beim Eingange in die Pölsen betritt man endlich das Gebiet der Bösensteinvergletscherung. Die Straße steigt die Endmoränen des Pölsgletschers hinan. In weitem Bogen sind die Endmoränen des Pölsgletschers in das Tal hineingebaut. Nördlich der durch das Wort Tumschel in der Karte gekennzeichneten Stelle löst sich der äußerste Moränenwall von dem Abhang des Großen Hengst, spannt sich jenseits der Tauernstraße bis an die Flanken der Wirtsalpe, unter deren Schuttkegel er sich teilweise hineinschiebt, und setzt erst unterhalb des Gehöftes Kainz wiederum über die Tauernstraße, um sich an die Gehänge des

[1] Meißner, l. c. p. 90.
[2] Aigner, a. a. O.
[3] Meißner, a. a. O.

Bruderkogels anzuschmiegen. Innerhalb dieses äußeren Walles läßt sich noch ein zweiter, großer Wall deutlich unterscheiden, dann tönen die Moränen mit immer mehr sich verflachenden Wällen in das Zungenbecken des Pölstales um das Gehöft Gerold aus, überall Mulden bildend, in denen zwischen großen Moränenblöcken, beschattet von dunklen Fichten, bald kleine Tümpel und Lacken, bald größere, halb ausgetrocknete Moore ruhen. Zwei Aufschlüsse, der eine rechts, der andere links des Weges in die Pölsen zeigen gewaltige Gneis- und Granitblöcke noch in originaler Lagerung. Im Hintergrunde aber öffnet sich die Pölsen mit ihrer typischen Form eines flachen glazialen Troges. Die Mündungsstufe des Schüttneralmtales, in dem der Bach schon höher oben eine Stufe in einem Wasserfall überwindet, verdeutlicht die Übertiefung im Zungenbecken. Das steile Tal des Bruderkogels, das in seinem oberen Teil zwischen Punkt 1997 und 1949 der Originalaufnahme ebenfalls eine prächtige Trogform mit Schliffbord und Schliffkehle aufweist, gehört nicht mehr in das Gebiet der Pölsvergletscherung.

Talaufwärts folgen bei der Pölsenhube rechts und links ziemlich sichtbare Schliffborde. Unterhalb des Oberhauser windet sich dann der Weg eine Stufe hinan, die von den zahlreichen Gehängebächen aufgeschüttet worden ist, da sich hier der Bach des Steinwandkogels, des Polsters, der Abfluß des Geisrinksees und ein Wildbach des Großen Hengst vereinen. Über die letzte Stufe endlich erklimmt man den Polster, ein langgestrecktes, nicht zu breites Kissen, das eine sanfte Brücke zwischen Bärwurzkuppe und Bärwurzleiten herstellt. Am Fuße des Polsters liegt in einem Kare der schmale Geisrinksee, dessen Abfluß über den noch gut erhaltenen Karriegel hinunterstürzt. Ein zweites Kar an der Bärwurzleiten ist schon stark zerstört, da es durch das Geisrinkkar unterschnitten wird.

Sehr interessant ist der Blick zum Steinwandkogel. Das rechte Gehänge des Karbodens, dessen Stufe durch die Erosion des Baches stark zersägt ist, begleitet ein breiter, rundbuckliger Rücken, der vom hinteren Steinwandkar ausgeht. Dieser Rücken — es ist der Schliffbord — senkt sich über die Stufe rasch in das Tal, Schliffkerben an der Gamshöhe und an den Armen des Gallmannsriegels beweisen deutlich einen solchen

Gefällsbruch, von da an neigt sich die Schliffgrenze nur langsam mehr gegen den Talausgang.

(F. H.) **Die Gletscher des Bösensteins.**

Die breite Einsattelung von Hohentauern, welche die Bösensteingruppe von den im Griesstein kulminierenden Bergen trennt, weist ganz merkwürdige Abflußverhältnisse auf; gegen Süden zu öffnet sich das breite Pölstal, während gegen Norden hin zwei Wege der Entwässerung vorhanden sind, die schmale, in unterkarbonische Kalke eingeschnittene Schlucht des Sunkes und das breitere, doch auch recht steile Tal, das der Tauernbach durchfließt. Ganz unzweifelhaft geschah vor der Eiszeit die Entwässerung zum Teil durch das Pölstal, wenigstens muß der Bach, der von der Scheipelalpe am Bösenstein herabströmte, früher nach Süden geflossen sein, während er jetzt seinen Weg gegen Norden nimmt, denn das breite Tal, das sich gegen Süden öffnet, ist durch die eben besprochene mächtige Moränenablagerung gesperrt, die bei der Ausmündung des Pölsengrabens in das Pölstal biegt. Auch zwischen dem dann durch den Sunk fließenden Bache und dem vom Geierkogel herabkommenden Wasser ist der wasserscheidende Rücken, auf welchem der Ort Hohentauern liegt, eine Schotteranhäufung, die aber wahrscheinlich nicht glazialer Entstehung ist. Um nun zur Erörterung der eiszeitlichen Vergletscherung selbst zu kommen, will ich mit der Darstellung der Moränen in der Umgebung von Hohentauern beginnen.

Geht man von den Endmoränen des Pölsentales gegen Hohentauern, so befindet man sich in einem breiten, versumpften Tale, in welches sich auf beiden Seiten von den Bächen der Gehänge Schuttkegel hineinbauen. Auf den ersten Blick könnte man dieses Talstück für ein Zungenbecken halten; dem ist nicht so, sondern die sonst für Zungenbecken so charakteristische Versumpfung kommt daher, daß das Tal keine Entwässerungsader hat. Bei der Bruckenwirtshube baut sich ein gewaltiger Schuttkegel in das Tal hinein. Steigt man auf diesen Schuttkegel hinauf, so sieht man, daß er in einen sehr steilen Abhang übergeht; hat man diesen Abfall erklommen, so steht man auf dem äußersten Wall eines End-

moränenamphitheaters; im Bogen ziehen diese Endmoränen von den Gehängen des Hengstes zu den Abhängen des Schauppenkopfes bei der Engerlhube. Es ist eine ganze Reihe von recht stattlichen Wällen, die eine ungemein typische Moränenlandschaft bilden. Zwischen den Wällen liegen in Mulden vier größere Seen, eine große Anzahl von kleinen Lacken und auch die für Moränenlandschaften so ungemein charakteristischen versumpften Wiesen. Der Gletscher, der diese Moränen aufbaute, muß aus dem zwischen dem Großen Bösenstein, dem Kleinen Bösenstein und dem Hengst eingeschlossenen Kare stammen; er ist über die Scheipelalpe geflossen, wo er sich teilte; ein Arm des Eisstromes floß von den Böden unterhalb der Scheipelalpe gegen die Bruckenwirtshube herab, der andere vereinte sich mit dem Gletscher, der aus dem Kar zwischen dem Großen Bösenstein und den Drei Stecken herabkam und floß vereint mit diesem letzteren in das Tal herab, das in den Sunk einmündet. Ein kleiner Lappen des Bösensteingletschers dürfte die Einsattlung zwischen Schober und Schauppenkopf überflossen haben. Das Eis hat in der Gegend der Scheipelalpe eine ganz bedeutende Dicke erreicht; eine Schliffkerbe am Hauseck (nordwestlich von der Scheipelalpe) zeigt eine Höhe von zirka 1800 bis 1900 *m*; danach ergibt sich eine Mächtigkeit des Eises von zirka 200 bis 300 *m*. — Zu erwähnen wäre noch, daß der nordwestlich vom Gehöft Irzer liegende Schotterkegel wohl kaum als zusammengehörig mit dem Schotterkegel der Bruckenwirtshube betrachtet werden kann, obwohl seine Höhe mit ihm übereinstimmt.

Nachdem nun dieses eine Ende des Bösensteingletschers festgestellt ist, handelt es sich darum, das der vereinigten Gletscher, des Bösensteingletscherarmes, der von der Scheipelalpe wegfloß, und des Drei-Steckengletschers festzulegen. Dies gelang auch zum Teil. Im Sunk befindet sich dort, wo sich gegen die Helleralpe zu ein Tal öffnet, Moränenschutt in reichlichem Maße. Es konnte bei der Begehung kein Zweifel aufkommen, daß man es mit einer Seitenmoräne zu tun hat; das Material derselben besteht ganz ausschließlich aus den Gneisen und Graniten des Bösensteines. Eine Endmoräne war nicht zu finden; dieser Umstand kann nicht verwunderlich sein, denn

eine solche hätte sich in dem engen, von einem Wildbache durchzogenen Tal des Sunkes doch nicht erhalten können. Wenn nun auch keine Endmoränen aufgefunden wurden, so liegt es doch auf der Hand, daß der Gletscher nicht weit in den Sunk hineingereicht haben kann; auf keinen Fall aber kann er den Sunk durchflossen haben. Der Gletscher hat sein Ende entweder am oberen Ausgang des Sunkes gefunden oder er hat ein kleines Stück in die Schlucht hineingereicht. A. Aigner hat in seiner Arbeit über den Murgletscher[1] berichtet, daß er oberhalb des Graphitwerkes im Sunk einen ganz frischen Moränenaufschluß gefunden habe. Ich kann in diesem Aufschluß keine Moräne sehen, da ich gerade bei diesem Aufschluß die für fluviative Ablagerungen so ungemein charakteristische Schichtung beobachtete. Es handelt sich um fluviatile, vielleicht glaziale Schotter, weshalb die Aigner'sche Ansicht, die dahin geht, daß der Sunk vergletschert war, fallen muß.

Die Schlucht des Sunkes bricht mit einer Steilstufe gegen den Teil des Sunkes ab, in welchem das Graphitwerk liegt. Diese Stufe ist nicht etwa glazialer Entstehung, sondern sie ist durch den jähen Wechsel im Gestein in erster Linie bedingt, möglich ist auch, daß der Triebenbachgletscher durch die Übertiefung des Triebenbachtales etwas an der Entstehung der Stufe mitgearbeitet hat. Die Karsterscheinungen im Sunk hat H. Meißner[2] geschildert. Die Angaben, die dieser Autor bringt, sind nicht immer stichhaltig; so ist ein Granitzug im Sunk nirgends vorhanden und das, was als Schuttkegel des Ochselbaches — jenes Baches, der von der Kotalpe kommt — angesprochen wird, sind die oben beschriebenen Moränen des Drei Steckengletschers und des mit ihm vereinigten Bösensteingletscherarmes. Es muß als sicher gelten, daß die im Kalk eingeschnittene Schlucht des Sunkes präglazial ist; keinerlei bedeutende Änderungen der Oberfläche bewirkte die Eiszeit. Allerdings sehen wir, daß im Sunk etwa 300 *m* über dem heutigen Talboden ein höherer Talboden erhalten ist, der

[1] Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 1905, p. 79.

[2] A. a. O., p. 87.

natürlich noch älter ist. H. Meißner glaubt, daß im Sunk eine Wasserscheide vorhanden war und daß der Ochselbach und der Bach, der von der Scheipelalpe kommt, früher zum Pölstal geflossen seien. Das kann nur teilweise richtig sein. Der Scheipelalpenbach wurde sicher vor der Eiszeit zur Pöls entwässert, der »Ochselbach« aber ist durch den Sunk geflossen. Vor der Eiszeit waren die Abflußverhältnisse nicht viel anders als heute; die Wasserscheide lag einerseits bei Hohentauern, wo sie in der Eiszeit vielleicht höher wurde, andrerseits dürfte zwischen der Pöls und den Bächen, die den Sunk durchströmt haben (Ochselbach), eine flache Talwasserscheide bestanden haben. Sie verschwand, als sich die Moränen des Pölsgletschers in das Tal hineinlegten und die Bäche des Hengst und den Scheipelbach zu einem See aufstauten. Durch die Aufschüttung des Sees wurden die Gefällsverhältnisse verwischt; durch die breiten, hochansteigenden Pölsmoränen war ein Abfluß nicht möglich; um so weniger, als der Gletscher selbst das Tal mit seiner ganzen Breite erfüllte; dagegen stand dem Abfluß gegen den Sunk nichts im Wege, denn es ist unwahrscheinlich, daß der Ochselbachgletscher im Sunk das Tal von Gehänge zu Gehänge verlegte; aber auch im anderen Falle konnte die Entwässerung in diesem Sinne stattfinden, da die Ochselbachmoränen immer niedriger waren als die des Pölsgletschers. Zur Erläuterung dienen folgende Zahlen:

Pölsmoränen ..... über 1240 *m*,
Talboden bei der Bruckenwirtshube .... 1222 *m*,
Talboden bei den Teichen ..... unter 1200 *m*,
Talenge nördlich der Engerlhube .. unter 1180 *m*,
Tal beim Magnesitbruch ..... zirka 1160 *m*.

Die Zahlen sprechen deutlich gegen H. Meißner's Ansichten[1] über die Entstehung der hydrographischen Verhältnisse der Umgebung von Hohentauern.

Steigt man durch das Tal, welches gegen die Kot- und Helleralpe führt, hinauf, so kann man beobachten, daß die eine Talseite von dem anstehenden Gestein, Kalk, gebildet wird,

[1] H. Meißner, l. c.

während das andere Ufer ganz von gerundeten Gneisblöcken überstreut ist, welche das Anstehende verhüllen. Oberhalb des Punktes 1266 tritt der Kalk zuerst auf das rechte Ufer über, bis dann knapp oberhalb beide Ufer ganz aus Moränenmaterial, das teilweise wohl stark umgelagert ist, gebildet werden, dies hält bis zur Helleralpe an; der Boden gegen die Kotalpe, der die Kote 1372 trägt, ist auch aus Moränenmaterial gebildet. Steigt man gegen die Helleralpe an, so ist man bald im klaren, daß man auf Endmoränenbogen, die etwa Nordwest—Südost streichen, steht; diese Endmoränenwälle, eine ganz charakteristische Landschaft, nehmen den ganzen Boden, auf welchem die Almhäuser der Helleralpe stehen, ein. Versumpfte Wiesen und kleine Wannen liegen zwischen den Wällen, die teilweise von kleinen Bächen stark zerschnitten sind. Geht man von den Alpenhäusern gegen den Punkt 1486, also gegen den Schwarzenbachgraben zu, so gelangt man wieder in Endmoränenwälle. Eine Begehung aller dieser Moränen ergab folgendes Resultat: Die südlich der Almhäuser liegenden Moränen gehören dem Drei Steckengletscher an, während die gegen den Sattel zum Schwarzenbachgraben liegenden Wälle zu dem den Schwarzenbachgraben durchströmenden Hochheidegletscher, dessen Seitenmoränen sie sind, gehören. Der Drei Steckengletscher fand also sein Ende auf der Helleralpe, doch nur teilweise, denn ein Teil stieg gegen den Sunk herab, wo er, wie oben ausgeführt wurde, mit einem Arm des Bösensteingletschers vereint endete. Die Mächtigkeit des Eises läßt sich bei der Kotalpe etwa auf 300 *m* angeben, der Schliffkerbe an der Großen und Kleinen Rübe nach zu urteilen.

Es hat weder der Bösensteingletscher noch der Drei Steckengletscher eine besondere Länge erreicht, was auf Rechnung der Teilungen der Eisströme zu setzen ist. Beide Gletscher haben auch nicht den im Paltentale liegenden Arm des Ennsgletschers erreicht.

Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß man es bei den besprochenen Moränen mit den Enden der Würmgletscher zu tun hat.

Bei der Begehung der Bösensteinkare wurden aber auch Moränen gefunden, die zweifellos dem ersten Rückzugstadium

der letzten Vereisung, dem Bühlstadium angehören. Schon A. Aigner weist die Moränen, die er beim Scheipelsee am Bösenstein fand, dem Bühlstadium zu. Geht man auf dem gewöhnlichen Weg von Hohentauern auf den Bösenstein, so findet man schon weit unterhalb der Scheipelalpe unruhige Wälle mit kleinen Lacken und versumpften Wiesen, die sich bis an die Gehänge des Schobers hinziehen. Man hat jedenfalls Moränen vor sich; das wird zur Gewißheit, wenn man zur Scheipelalpe selbst kommt; sowohl unterhalb des kleinen Scheipelsees als auch um den großen Scheipelsee liegen Moränen, die zum Teil ganz typisch ausgebildet sind. Es wird später bei der Erörterung der Schneegrenze der Nachweis geführt werden, daß man es mit Moränen aus dem Bühlstadium zu tun hat.

Bei der Kotalpe und in dem Kar, das von dem Bösenstein, dem Seekopf (Gipfel zwischen Bösenstein und Drei Stecken) und einem Gipfel des Drei Steckenkammes (Punkt 2350 der Originalaufnahme) eingeschlossen wird (Ochsenkar), fand ich Moränen, die denjenigen der Scheipelalpe an die Seite zu stellen sind. Die oberen Hütten der Kotalpe stehen teilweise auf Moränenwällen, welche man dann auch auf dem Wege in das Ochsenkar sehen kann. Im Ochsenkar selbst sieht man Moränen; die kleine Jagdhütte steht auf ihnen. Diese Moränen sind dem Bühlstadium angehörig.

Die Gletscher, die im Bühlstadium aus dem Bösenstein und Drei Steckenkar herabstiegen, haben sich nicht, so wie es in der Würmeiszeit der Fall war, vereint. Jeder hatte sein gesondertes Ende.

(F. H.) Der Triebenbachgletscher.

Das Tal des Triebenbaches hat ein ganz bedeutendes Einzugsgebiet, das viel größer ist als dasjenige der Täler, die die Bösensteingruppe entsendet. Daher liegt es auf der Hand, daß der Gletscher, der in der Eiszeit in diesem Tale lag, eine bedeutende Dimension hatte, zumal auch die Höhe der Gipfelumrahmung derjenigen der Bösensteintäler wenig nachsteht. Die Kare, die in den Flanken des Geierkogels, des Sonntagskogels, des Geierkogels liegen, die Karsysteme der Mödering-

und Schaunitzeralpe haben einen mächtigen Eisstrom genährt, der allein von allen Gletschern, die dem Paltentale zuflossen, den Paltenarm des Ennsgletschers erreichte. Da aber im Sommer 1907 die geologische Kartierung noch nicht bis in den Talschluß des Triebentales fortgeschritten ist, so kann über die Rückzugsstadien der Vereisung vorläufig nichts bekannt gegeben werden, zumal der Triebentalgletscher eigentlich nicht zur Bösensteingruppe gehört.

Schon die Größe des Einzugsgebietes legt den Gedanken nahe, daß der Triebentalgletscher ziemlich weit in das Tal hinausgereicht hat. Und das bringt uns sofort auf die Frage, ob er sich nicht mit dem Paltenarm des Ennsgletschers vereinigt hat. Wir wissen, daß das Eis im Paltentale bei Trieben etwa 1100 *m* hoch stand. Das Paltental wurde in der Eiszeit übertieft, es münden daher die Seitentäler mit Stufen in das Haupttal. Dies ist auch bei dem Triebental der Fall. Wandert man von Trieben nach Hohentauern, so hat man zuerst eine scharfe Steigung der Strecke aufzusteigen, die den Höhenunterschied zwischen Trieben (708 *m*) und der Höhe der Stufe (zirka 940 *m*) rasch überwinden läßt. Die Straße, die seit den großartigen Hochwasservernichtungen im Frühling 1907 zum Teil neu angelegt werden muß, führt am rechten Ufer des in einem schluchtartigen Tale wild brausenden Triebenbaches. Hat man die Stufe des Triebentales erstiegen, so kommt man nun in ein Tal, das sich fast eben dahin zieht. Auf der mehr als 2 *km* langen Strecke zwischen der Stufenhöhe und dem Gasthaus Brodjäger, wo die Tauernstraße, das Triebenbachtal verlassend, durch das Tauernbachtal nach Hohentauern führt, ist die Steigung etwa 60 *m*, also zirka 2·5%, was gegen die Steigung von Trieben auf die Stufenhöhe (zirka 10%) stark kontrastiert. Vom Gasthaus Brodjäger geht der Talboden eben weiter noch weit in das Triebental hinein, in das die Seitenbäche viele Schuttkegel eingebaut haben.

Im Triebental fand ich nirgends die Spuren einer Endmoräne des Triebentalgletschers; wohl aber konnte ich zahlreiche Aufschlüsse von Seitenmoränen in dem Talstück vom Gasthaus Brodjäger an abwärts finden. Eine Holzförderbahn schneidet das Gehänge an und schafft so eine fast ununter-

brochene Reihe von Aufschlüssen, die teils das Anstehende, teils aber Moränen und Gehängeschutt zeigen. Besonders beachtenswert sind jene Moränenaufschlüsse, die an der Förderbahn dort liegen, wo der Weg zum Graphitwerk im Sunk abzweigt. Untersucht man diese zum Teil aus großen Blöcken bestehenden Moränen, die vielleicht Grundmoränen sind, so sieht man, wie man dies bei allen den Moränenaufschlüssen des Triebentales konstatieren kann, daß das Material der Moränen nur aus Gesteinen besteht, die im Einzugsgebiet des Triebenbaches anstehen. H. Meißner hat diesen Moränenaufschluß als Schuttkegel des Sunkbaches angesprochen,[1] ohne dabei zu beachten, daß in dem Falle, daß diese Gerölle aus dem Sunk kämen, der Schutt zum größeren Teil aus Kalkgeröllen bestehen müßte. Das Material besteht zum allergrößten Teil aus Gneis und ebenso besteht der Talschluß auch aus Gneis. Zieht man den Umstand in Rechnung, daß man es mit einer Moräne zu tun hat, deren Material auf das Einzugsgebiet des Triebenbaches hinweist, und denkt man an die ebenso zusammengesetzten Aufschlüsse im Triebenbachtale aufwärts, so ist es klar, daß diese Moränen von einem großen Triebentalgletscher herstammen, der sich mit dem etwa 1100 *m* hohen Eise im Paltentale vereinte. Das Eis des Paltenarmes des Ennsgletschers muß an der Stufenmündung eine Höhe von mindestens 50 *m* besessen haben; mit welcher Mächtigkeit der Triebentalgletscher zur Stufe kam, ist nicht abzuschätzen, es ist jedoch anzunehmen, daß er mächtiger als das Eis im Paltentale war und ungehindert durch das letztere sich mit dem Gletscher im Paltentale vereinigte.

Der Triebentalgletscher ist der einzige, der sich mit dem Eise im Paltentale vereinigte.

In den untersten Teil des Sunkes, dorthin, wo jetzt das Graphitwerk steht, dürfte der Triebengletscher einen wohl nur kurzen Eisstrom entsendet haben; davon ist keine Spur erhalten. Auch in das Tauernbachtal muß ein Ableger des Triebentalgletschers geflossen sein. Auf der Paßhöhe von Hohentauern liegen mehrere Wälle, die vielleicht als Moränen

[1] H. Meißner, a. a. O., p. 86.

anzusprechen sein dürften. In diesem Falle hätte man das Ende jenes Gletschers vor sich, der vom Triebentalgletscher abzweigend durch das Tauerntal aufwärts floß. H. Meißner hält es für sicher, daß man es mit Moränen zu tun hat und schreibt sie einem Gletscher zu, der aus dem Tauernbachtale, aus dem Kar zwischen dem Wirtsalmkamm und dem Geierkogel, herabstieg. Das ist nicht richtig. Dem Tauernbachgletscher können diese Moränen nicht zugewiesen werden, da ich sein Ende unterhalb des Punktes 1380 im Tale fand. Der Abflußbach dieses kleinen Gletschers muß unter dem Triebentalgletscher geflossen sein.

(L. H.) Die Gletscher der nördlichen Bösensteingruppe.

Auf der Paltenseite beherbergte der Nachbar des Ochselbachtales, der Schwarzenbachgraben, einen Gletscher von recht ansehnlicher Erstreckung. Der Graben zeigt in seinem unteren Teile das Bild einer tief eingeschnittenen Schlucht, die neben dem durch Schutzbauten halbwegs gezähmten Schwarzenbach kaum einem Wege Platz bietet. Und auch oberhalb der Verbauungen donnert der Bach noch in hohen Kaskaden über steile Wände hernieder, erst weit oben im Tale bei einer Brettersäge mindert sich das Gefälle des Baches, man kommt in einen breiten Boden, dessen dichte Bewaldung verhindert, daß man sofort die Wellen im Gelände wahrnimmt. Geht man jedoch etwas nach Westen, so steht man sogleich zwischen unverkennbaren Moränen. Ein deutlicher Endmoränenwall mit starker Böschung zieht sich quer unterhalb der Brettersäge, während auf dem Rücken der Rauchaufhube wunderbare Seitenmoränen zu sehen sind. Mehrere tiefe Mulden, heute von Wiesen überkleidet, ziehen sich von der südlichen zur nördlichen Hube. Zwar vermißt man die Lacken der anderen Moränenlandschaften; aber gerade die einzige winzige Lacke, die von einem unbedeutenden Arm des Schwarzenbaches gespeist wird, ohne einen sichtbaren Abfluß zu besitzen, zeigt, daß hier das lose Geröll an dem Mangel von Tümpeln und Seen schuld ist, da das ganze Wasser in der Regel gierig von dem durchlässigen Boden verschluckt wird.

Zu den nächsten Moränen gelangt man nach einer neuerlichen Steigung südlich der Abzweigung des Weges zur Helleralm bereits auf dem Boden der Pacheralm. Noch bevor man die Hütten erreicht, führt da der Weg fortwährend bergauf, bergab an ungefähr fünf Lacken, richtiger Tümpeln, vorüber, von denen zwei schon fast ganz versiegt sind. Es folgt dann eine Gruppe von Almhütten; hinter ihnen erhebt sich abermals eine niedrige Stufe, auf der eine verlassene Almhütte steht. Sie besteht wohl nur aus Material des Hochhaidekars; wenigstens liegt gerade auf ihr eine schöne Lacke, umrahmt von einem Moränenbogen, der vom Fuß des Hochhaidekars ausgeht.

Dem alten Schwarzenbachgletscher gehören noch zwei Moränengebiete an, welche die Enden zweier Gletscherlappen kenntlich machen. Die einen Moränen sind dem flachen Rücken des Pacherkoppens unter dem Punkt 1812 der Originalaufnahme aufgesetzt; einige von stachligen Sumpfgräsern beengte Tümpel verraten noch die Reste eines Moränensees. Die anderen Moränen, die auf der Helleralm liegen, sind schon im vorigen Abschnitte kurz gestreift. Der Karrenweg läuft bereits nördlich der Abzweigungsstelle der Ochselbachmoränen auf einem Endmoränenwall, der sich nach Südost ausbuchtet und dann am Abhange des Gipfels 1561 der Originalaufnahme endet. Hinter diesem Walle erheben sich noch mehrere andere, so daß die Form eines, wenn auch schwachen Moränenamphitheaters entsteht, das ziemlich steil über den Riegel des Schwarzenbachtales zur Helleralm hereinhängt. Die Streichungsrichtungen der beiden Moränensysteme, deren Zusammenschluß an der Kleinen Rüben durch eine schmale Lacke gekennzeichnet wird, lehrt augenfällig, daß sich auf der Helleralm Absplisse des Schwarzenbach- und Ochselbachgletschers getroffen haben. Und da die von Süden und Nordwesten aufeinanderstoßenden Moränenwälle der Helleralm ein nordöstliches Gefälle verliehen haben, so muß auch die Entwässerung nach dieser Richtung erfolgen. Der vereinigte Abfluß beider Moränensysteme hat zwischen Lärchkogel und Gipfel 1561 eine tiefe Verbindungsfurche zum Schwarzenbachtale geschaffen und arbeitet nunmehr mit solchem Erfolge an der

Tieferlegung seines Bettes, daß die Moränenwannen infolge des Sinkens des Grundwasserspiegels ihre Lacken mehr und mehr einbüßen. Die Ochselbachmoränen umschließen nur mehr einen weiten moosigen Boden, dessen zähe, elastische Oberfläche allein noch an einst vorhandene Lacken erinnern. Die Austrocknung der Schwarzenbachmoränen ist noch nicht so weit vorgeschritten. Noch immer reihen sich von den Hütten der Helleralm gegen den Schwarzenbachgraben sechs kleine, kreisrunde Lacken aneinander, aber auch sie tragen schon alle Anzeichen des Erlöschens an sich, die dritte Lacke (von den Hütten aus gerechnet) kennzeichnet sich besonders stark als zusammengeschrumpften Rest eines ehemals ziemlich großen Sees.

Damit sind sämtliche Moränen des Schwarzenbachgrabens erledigt und es erübrigt nur noch, die beiden Kare am Fuße der Hochheide und der Drei Stecken kurz zu streifen. Im größeren Drei Steckenkar nährt ein kleines Schneefeld den Gefrorenen See. Sein Abfluß geht aber nicht durch den in seiner unmittelbaren Nähe am Rande der Stufe liegenden Gemeinsee, sondern nimmt seinen Lauf in den südöstlichen tieferen Teil des Kars, von wo er zwischen stark verwitterten Rundbuckeln zum Almboden herabfällt. Ein dritter See, der sogenannte Grüne See, gehört dem Hochheidekar an. Merkwürdigerweise aber hat er zunächst keinen oberirdischen Abfluß; dieser läuft vielmehr unter den riesigen Geröllblöcken durch und kommt erst ungefähr in der Mitte der Karstufe zum Vorschein.

Über die drei anderen Gräben, den Lorenzer oder Pethalgraben, den Edlacher und den Hintermelzergraben, ist wenig genug zu sagen. Sie beginnen zwar mit Karen unter den Kämmen, haben also sicher kleine Gletscher getragen, aber die orographischen Verhältnisse, die kleinen Einzugsgebiete haben den Gletschern keine irgend bedeutende Entfaltung gewährt; die Gräben sind reine Erzeugnisse der Wildbäche, die sich in unstetem Zickzack, wie im Lorenzer Graben, oder fast schnurgerade vom Kare herunter, wie im Edlacher Graben, ihr Bett gegraben haben.

Erst aus den Karen unter dem Hochheidegrat bis zur Einödalpe ist wieder ein großer Gletscher ausgegangen, der

Singsdorfer Gletscher. Die Singsdorfer Alm ist ein Karzirkus. Mit steiler Stufe münden in sie drei Kare. Zwei davon sind außerordentlich schön ausgebildet: tiefe Karmulden zwischen jähen Wänden, nur das dritte, das südlichste Kar, ist schon stark angeschnitten, mehr ein »Karoid« denn ein eigentliches Kar. Nichtsdestoweniger lassen sich noch immer auf der Singsdorfer Alm die reichen Moränenbogen nach ihren Karen scheiden: vom südöstlichsten Kare schieben sich die Endmoränen bis zu den Almhütten, im Einödkar selbst haben sich zwei schöne Moränenwälle erhalten, die sich beide am Rande der Stufe zu Stirnmoränen umbiegen. Aber die Moränenbogen steigen auch über die Stufe herab; wie hingebreitete Girlanden liegen sie bis zu den Hütten. Und von dem mittleren Kar scheint wenigstens ein Zug zum äußersten Endmoränenwall des Einödkars zu stoßen, während die Moränen des südöstlichen Kars von den übrigen durch einen breiten Graben gesondert sind.

Merkwürdigerweise sind trotz der zahlreichen Wälle, trotz der dadurch bedingten zahlreichen Mulden eigentlich in dem ganzen Moränengebiet nur zwei Seen: ein allerdings prächtiger, länglicher Moränensee ober dem Jagdhause in den südlichen Moränen und eine zweite schöne Mooslacke zwischen den Einödmoränen in der Nähe der Hütten. Die Erscheinung beruht eben darauf, daß die Moränenblöcke nur lose aufeinander gehäuft sind und daher, wie wir es schon auf der Pacheralm gesehen und wie wir es noch auf der Globokenalm beobachten werden, das Wasser rasch und spurlos versiegen kann.

Ungefähr 10 Minuten unter den Almhütten trifft man wieder auf eine Moränenlandschaft, wo sich im Gegensatz zur früheren die Wälle nicht mehr nach den einzelnen Karen scheiden lassen, vielmehr die Moränen aller drei Kare bereits zu einheitlichen Endmoränen aufgeworfen sind. Zwei Seen — der eine rechts hart am Wege in das Tal hinab, der andere etwas abseits links mitten in einem neuen Kahlschlage — vervollständigen den Typus der glazialen Landschaft. Tiefer hinab hat hier nie ein Gletscher gereicht. Von da ab neigt sich noch der flache Almboden eine Strecke hinab, den die Bäche der Singsdorfer Alm in mehrere parallele Felsriegel zerschnitten

haben. Aber diese Felsrippen sind so hoch mit verschlepptem Moränenmaterial bedeckt, daß auch hier das Wasser wieder im lockeren Gestein verschwindet und erst tiefer unten, in zwei Bächen gesammelt, hervorquillt. Während aber am Rande des sanften Bodens der westliche Bach über eine jähe Wand in die Tiefe stürzt, hat der östliche die Stufe bereits vollständig zerstört.

Die Moränenfunde in der Globokenalm sind spärlicher, entschädigen dafür aber durch die Frische ihrer Formen. Sie sitzen auf dem Almboden auf, dem niedersten Karboden der ganzen Gruppe, hinter dem sich zwischen Stein am Mandl und Einödalpe ein zweites hohes Kar ausbreitet, während in den Gehängen des Kammes der Spitalalpe ein Karoid mit aufgeschlossenem Riegel liegt. Der ersten Moränenmulde wird man bereits bei der Almhütte ansichtig, knapp hinter ihr umschließt sumpfiger Moosboden eine kleine Lacke. Steigt man aber dann gegen den Globokensee empor, so gelangt man in eine Moränenlandschaft, deren Formen sich an Reinheit nur mit den Bruckenwirtmoränen vergleichen lassen. Wall auf Wall hängt zur Alm herab, immer wieder glaubt man schon den höchsten bewältigt zu haben und den See endlich vor sich zu erblicken, aber stets von neuem schieben sich riesige Wälle dazwischen, in denen Mulden — man kann ihrer mit Leichtigkeit zehn zusammenzählen — eingelagert sind. Wieder verhindert die Blockstruktur der Moränen die Bildung von Seen und Lacken, nur hier und dort lugt das Wasser zwischen dichten, dunkelgrünen Sumpfgräsern hervor. Endlich steht man auf dem Rande des oberen Kars, allein der See ist noch nicht sichtbar; erst nachdem man mehrere Wallreihen durchquert hat, gewahrt man den kreisrunden See in einer tiefen Karmulde, zu der die Wände des Steins am Mandl und der Einödalpe fast senkrecht abfallen; jetzt erst erkennt man, von wie seltener Deutlichkeit das Moränenamphitheater ist, das man eben durchstiegen.

Im längsten Seitengraben des Paltentales, dem Strechengraben, der den größten Gletscher getragen haben muß, fehlen die Moränen vollständig. Nur dem Gletscher, der aus dem Zirkus der Seitenstallalm abfloß, verdankt man zwei Moränenvorkommnisse. Sie finden sich unterhalb des bereits stark auf-

geschlossenen Karbodens der Seitenstallalm, in der wilden Schlucht, die sich der Bach eingeschnitten hat. Beide Moränenaufschlüsse — es sind Seitenmoränen — liegen am linken Gehänge; die einen gegenüber der Stelle, wo sich am rechten Ufer ein Gehängeblock neben dem anderen zwischen die Stämme eines Waldes einzwängt, die anderen etwas tiefer unten, getrennt von den ersten durch eine felsige Bachpartie. Dagegen beweist eine Reihe anderer Anzeichen die Vergletscherung des Strechengrabens: die beckenartige Erweiterung des Tales, die nördlich der Kaiserhütten beginnt und in ihrer Mitte durch die schwachen Gefällsverhältnisse die Anlage eines Teiches begünstigt hat, die zahlreichen Kare, die vom Geierkar an rund herum über das Strechenkar mit seinem Reitersee bis zum Karzirkus der Bärwurzalm den Talschluß umkreisen. Die Bärwurzalm selbst bildet ein eigenes Karsystem. Vom Süden fällt zu ihr das Kar der Gamserin, das zwei Lacken enthält, mit einer Stufe ab, vom Nordosten mündet das Bösensteinkar ein, dessen Stufenriegel rundbucklig abgeschliffen sind.

Gerade das Fehlen der Moränen gestattet nun einen Ausbau desjenigen Schlusses, der sich schon aus der Literatur über den Ennsgletscher ziehen ließ, daß nämlich angesichts der Eisstromhöhe im Paltentale sich unbedingt ein Seitenarm in den Strechengraben hineinlegen mußte. Daß Seitenmoränen nicht zu finden sind, das ist ja selbstverständlich kein Argument gegen das Vorhandensein eines Gletschers. Von dem Beginne des Strechenbodens an mangelt es eben infolge des Vegetationsreichtums der Gehänge an Aufschlüssen. Unterhalb des Bodens aber hat sich der Bach ungefähr vom sogenannten Almwirtshaus an (auf der Karte gekennzeichnet durch das Übersetzen der Straße auf das linke Bachufer) eine so wilde Klamm eingesägt — es führt nur ein Geländersteig durch —, daß der Wasserlauf heute zirka 30 bis 50 *m* unter der alten Talsohle fließt, das Gehängegeröll also mit den Seitenmoränen des Strechengletschers nichts zu tun haben kann. Das Entscheidende ist das Fehlen von Endmoränen, die sich doch sicher wenigstens entweder von dem Absplisse des Paltengletschers oder dem Strechengletscher hätten erhalten müssen. Da dem nicht so ist, folgt daraus, daß sich die beiden Gletscher im Strechengraben

vereint (wahrscheinlich in der obengenannten beckenartigen Erweiterung) und mit schwachem Gefälle zum Paltentale geneigt haben. Dank dem Durchstreichen eines harten Kalkzuges läßt sich ja noch heute der alte Boden bis zur Mündung des Strechenbaches verfolgen. Der Bach war nämlich nicht imstande, den Kalkriegel zu beseitigen, sondern begnügte sich damit, ihn zu durchbrechen, so daß zwei Quermauern gleich den Pylonen eines ägyptischen Tempels stehen geblieben sind, die sich mit der durch die rückläufige Erosion bis unter das Almwirtshaus zurückverlegten Stufe zum alten Boden des Gletschers verbinden lassen. Die Stufe ist demnach eine rein glaziale, der Zeuge der Übertiefung des Haupttales.

(L. H.) **Die Übertiefung des Paltentales.**

Die klare Erkenntnis des Übertiefungsphänomens wird in dem behandelten Gebiete durch zwei Tatsachen beeinträchtigt: einerseits entbehren die meisten Seitengräben des Paltentales der Mündungsstufen, andrerseits gibt es in einzelnen Gräben Stufen, deren Höhe jedoch den Zusammenhang mit der Übertiefung des Paltentales sehr in Frage stellt.

Als Beispiel sei der Schwarzenbachgraben herangezogen. Sein Gletscher blieb ungefähr 1400 *m* hoch im Graben stecken, ohne sich mit dem Paltengletscher zu vereinigen. Dieser aber, der auf der ganzen Strecke von Rottenmann bis Trieben die Vorhöhen rund abgeschliffen hat, muß bei Schwarzenbach noch eine Eisstromhöhe von etwa 1100 *m* besessen haben. Wenigstens liegt die Platte der Scheipelhube in solcher Höhe; und sie teilt mit dem Niederplateau des Kreuzberges gerade die Züge jener glazialen Gesimse, die so häufig durch vorüberfließende Gletscher in die Talgehänge eingeschnitten worden sind. Es steht somit fest, daß der Graben jedenfalls mit einer Stufe in das Paltental mündete, die aber niedriger als die Eisoberfläche liegen mußte, also unter den jeweils sichtbaren Schliffgrenzen zu suchen wäre.

Dieser Umstand verdient besonders hervorgehoben zu werden, weil es bei der Vereinigung eines Seitengletschers mit dem Hauptgletscher zwar ohneweiters verständlich ist, daß der Gletscherschurf den Boden des Seitentales auch seinerseits

tiefer legt, bei Tälern aber ohne ausfließende Gletscher auf den ersten Blick das Zusammenfallen von Stufe und Schliffgrenze selbstverständlich erscheinen könnte. Man wäre da geneigt anzunehmen, daß sich die Linie des Trograndes einfach in den Seitengraben eingebogen und damit die Höhe der Stufenkante bestimmt habe.

Allein der Vorgang der Stufenbildung schließt diese Möglichkeit aus. Der Hauptgletscher legt sich im Vorbeifließen bis zur Höhe seiner Eisoberfläche in das einmündende Tal. Wie Fig. 1 dartut, arbeitet nur er an der Bildung der Stufe, nur er schürft allmählich den Ausgang des Grabens zu einer Stufe ab, während sein Gletscherast nur sein eigenes Bett tiefer legt.

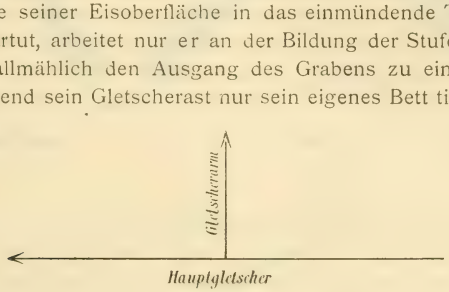


Fig. 1.

Daraus ergibt sich zweierlei für die Höhe der Stufe:

1. Sie wird um so tiefer unter der Schliffgrenze liegen, je stärker der einfließende Seitengletscher ist, da hiermit seine Schurfkraft wächst.

2. Ihre Höhe wird auch von der präglazialen Weite der Mündung abhängen. Je enger die Mündung, desto früher ist sie vor dem Abhobeln durch den Hauptgletscher geschützt, desto früher ist sie der Ausschürfung durch den Zweiggletscher allein überlassen, um so niedriger wird also die Stufe liegen.

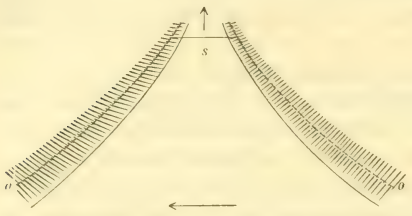
Eine Figur (2) wird dies am besten illustrieren.

Man ersieht daraus deutlich, daß das breite Tal viel tiefer hinein die stufenbildende Kraft des Hauptgletschers wirken läßt als das enge Tal, daß infolgedessen s weiter talaufwärts liegen muß als s'.

Legt man Längsschnitte durch beide Täler, so zeigt sich folgendes Bild:

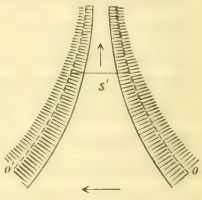
Das Tal TT mit breiter Mündung (Fig. 4) verliert infolge der Erosion des Hauptgletschers das ganze lange Stück sT,

in s bildet sich der Stufenrand; der noch über die Stufe hineinreichende Gletscherast schafft sich ein kleines ebenes Talstück sB und die Eisoberfläche sinkt von O zu o. Anders ist



Tal mit breiter Mündung

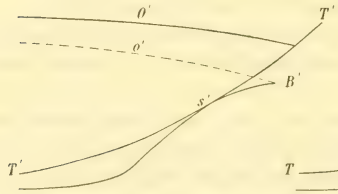
Fig. 2.



Tal mit enger Mündung

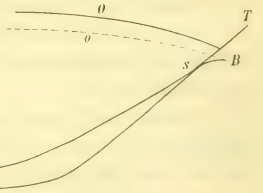
Fig. 3.

es bei $T'T'$ (Fig. 5). Das abgeschürfte Stück des Unterlaufes $s'T'$ ist kürzer, der Stufenrand s' liegt tiefer, dafür aber ist der einfließende Zweiggletscher stärker, so daß die Verebnung des Tales weiter talaufwärts reicht als im vorigen Falle ($s'B' > sB$).



Unterlauf mit enger Mündung

Fig. 4.



Unterlauf mit breiter Mündung

Fig. 5.

Die Erhaltung dieser mehr oder weniger unter der Schliffgrenze liegenden Stufe wird nun, wie Fig. 6 lehrt, von der Erstreckung des autochthonen Gletschers abhängen.

Es sei TT' die Sohle eines präglazialen Tales, das im Niveau N in das Haupttal mündet. Bettet sich nun in den Oberlauf des Baches ein kleiner Gletscher ein, der bis m reicht, so wird der Quelltrichter des Baches zum Kar umge-

wandelt werden und das Bachbett ein flaches Gefälle tm erhalten. Der Hauptgletscher, der in den Graben eingreift, wird nach den obigen Ausführungen den Unterlauf zum Profil $t'ss'G$ umgestalten. Die Folge davon ist, daß das Talstück sm schon in der Eiszeit eine Steigerung des Gefälles zu mt' erfährt.

Sind nach der Eiszeit beide Gletscher verschwunden, so bleibt das dreifach geknickte Tal und es ist jetzt leicht begreiflich, daß die Stufen zum Haupttale ungleich rascher zerstört werden, als wenn beide Gletscher einst zusammengeflossen wären. Denn während hier infolge der glazialen Verebnung des Talbodens die Stufe nur durch die rückschreitende Erosion ange-

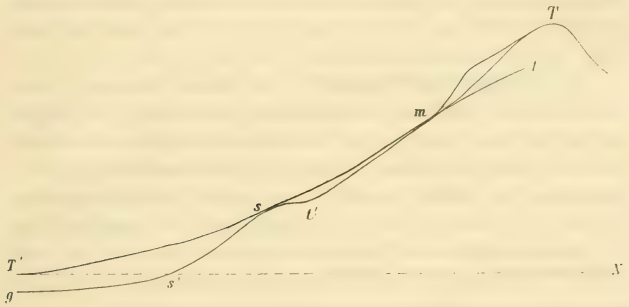


Fig. 6.

griffen wird, ist dort die Erosion von zwei Seiten aus wirksam: die Stufe wird nicht nur in s nach rückwärts zersägt, sondern von dem Wildbach in t' durchgeschnitten. In verhältnismäßig kurzer Zeit ist das schmale Talstück $t's$ zerschnitten, bis zur Sohle des Haupttales der Gefällscharakter eines Wildbaches erreicht. Und es verschlägt dabei nichts, ob die Mündung des Tales breit oder eng ist. Der Faktor, der bei schmaler Mündung für die Erhaltbarkeit der Stufe spräche — die Länge von $s'B'$ (Fig. 5) — wird dadurch aufgewogen, daß die ohnehin niedrigere Stufe hier infolge der größeren Mächtigkeit des Gletscherastes tiefer ausgeschürft ist als bei einer engen Mündung, daher aus diesem Grunde leichter zerstörbar ist.

Wenn man trotzdem noch in solchen Tälern glaziale Stufen zu sehen meint, so ist das nur eine Täuschung, die auf

die suggestive Wirkung der Übertiefungstheorie zurückgeht. Die Stufe kann unmöglich mehr etwas anderes sein als die Gefällsknickung eines unfertigen jungen Tales, sie ist pseudoglazial.

Damit scheint der Schlüssel für das Verständnis der Mündungsform des Schwarzenbach-, Lorenzer, Edlacher und Globockengrabens gefunden zu sein. Daß der steil aus dem Kar zwischen Wetterkreuz und Pacherkoppen heraushängende Edlacher Graben ohne Stufe endet, erklärt sich jetzt aus Fig. 6 und die Stufenlosigkeit des Lorenzer Grabens, des Schwarzenbach- und Globockengrabens geht auf dieselbe Ursache zurück. Das, was man in den beiden letzteren als zurückverlegte glaziale Mündungsstufen ansprechen könnte, ist die oben erwähnte pseudoglaziale Stufe.

Nur die Stufe der Singsdorfer Alm, deren Gletscher ja auch nicht in das Paltental hinabreichte, scheint der bis hierher erläuterten Anschauung zu widersprechen. Man wäre leicht geneigt, ihre hohe, schöne Wand einer glazialen Mündungsstufe zuzuschreiben. Allein ihre Höhe (zwischen 1400 bis 1500 *m*) schließt den Gedanken an die Wirkung des Paltengletschers aus, der ja schon bei Bärndorf nicht viel über 1100 *m* hoch stand. Auch diese Stufe muß also pseudoglazial sein, sie ist nur durch das Durchstreichen eines Kalkzuges bedingt.

Von allen glazialen Mündungsstufen dieses Gebietes konnte sich somit nur die des Strechengrabens erhalten, weil die zusammenfließende Eiserfüllung ein gleichsinniges, flaches Gefälle hervorgerufen hatte, also die rückschreitende Erosion auch heute den Talboden immer nur zu neuen Stufen zersägen kann. Und jetzt fügt es sich auch diesen Beobachtungen vortrefflich ein, daß das Triebental, dessen Gletscher sich mit dem des Paltentales vereinigt hat, mit einer deutlichen, glazialen Stufe mündet, während — um entferntere Beispiele heranzuziehen — die Seitengräben der linken Gehänge des Paltentales von Furth bis zum Gaishornsee nur pseudoglaziale Stufen aufweisen.

Karhöhen und Schneegrenze (F. H. und L. H.).

»In einem klimatischen Gürtel, wo die Erosion des fließenden Wassers fehlt und von der durchfeuchtenden und

abschleifenden Wirkung langsam bewegter Eis- und Schneemassen ersetzt wird, wo zugleich der Fels ohne Schutz der Vegetation der Zerstörung durch Temperaturschwankungen nahe dem Nullpunkt in besonderem Grade ausgesetzt ist, dort entstehen Kare. Sie sind für die Gebiete oberhalb der Schneegrenze die bezeichnende Oberflächenform.«[1] Die Entstehung der Kare ist an das Vorhandensein von Gletschern geknüpft und es »erscheint die Karbildung als eine kombinierte Wirkung der transportierenden und abschleifenden Arbeit des Gletschers und der Zerstörung der Wände durch die Verwitterung«. Die Karbildung hat im Anfang zur Voraussetzung das Vorhandensein einer isolierten Firnansammlung, denn der Firn muß, wie Richter ausführt, das Gesteinsmaterial herschaffen, das zum Ausschleifen der Grube des Kars notwendig ist. In erster Linie sind es die Talschlüsse der vorher unvergletscherten Täler, in denen sich Schneeansammlungen bilden, die zur Entstehung der Kare Anlaß geben; tatsächlich sieht man, daß sich die Kare der gerade eben noch vergletschert gewesenen Gebirge in den obersten Teil der Talschlüsse einbauen (Gleinalpe). Im Hochgebirge kann man oft sehen, daß Berge von ganz hervorragender Höhe keine Kare tragen. Penck gibt dafür eine Erklärung;[2] er sagt, daß Kare auf jenen Bergen fehlen, die in der Eiszeit nachweisbar oder wahrscheinlich eine zusammenhängende Firndecke hatten; die Kare sind beschränkt auf jene Firnfelder, welche von einem Stück aperen Gehänges überragt werden, sie sind gebunden an jene Stellen, wo sich das Firnfeld scharf absetzt durch die Randkluft gegen das Gehänge.

Richter hat die Höhe des Karbodens in Beziehung gebracht zur Schneegrenze und die Karhöhen zur Bestimmung der Schneegrenze verwendet; er hat gezeigt, daß die Höhenlage des Karbodens der Höhenlage der Schneegrenzen entspricht, allerdings nicht genau, aber doch annähernd, da, wie Richter hervorhebt, auch Kare ganz unter der Schneegrenze liegen; es sind jedoch die Unterschiede zwischen Schneegrenze und Kar-

---

[1] Ed. Richter: Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Petermann's Ergänzungsheft, 132, p. 3.

[2] Penck-Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter, p. 287.

höhe nicht so bedeutend, als daß wir für das Folgende nicht annehmen könnten, beide lägen in einer Höhe. Es ist auch durch ein größeres Beobachtungsmaterial zu erhärten, daß die Kare einer bestimmten Gebirgsgruppe fast die gleiche Höhe aufweisen und daß diese Höhe annähernd der Schneegrenze entspricht. An zahlreichen Stellen kann man nun sehen, daß man im Talschluß nicht ein einziges Kar vor sich hat, sondern ein Treppenkar. Ich hatte schon oft den Eindruck, in einem Kar zu stehen, das den unterhalb der Grate gelegenen in nichts verschieden war; beim Aufsteigen über die Karwände sieht man dann, daß über dem unteren Kar ein oberes liegt, oder daß man nach Überwindung der ersten Steilstufe des Treppenkares einen ganzen Ring von Karen vor sich hat, über die sich dann die Gipfel erheben. Für Richter, der in einer Kartreppe oder einem Treppenkar das Werk gleichzeitig wirkender Kräfte sieht, bildet die Entstehung von Treppenkaren eine bedeutende Schwierigkeit, die er dadurch umgeht, daß er sagt, der untere Teil der Kartreppe, das untere Kar, sei kein Kar, sondern eine glaziale Stufe. Richter zerlegt die Kartreppe in zwei Teile, in den unteren, der nach ihm eine Stufe ist, und in den oberen, das Ursprungskar, das ein wirkliches Kar ist.

Richter hat die Entstehung der Stufen unter dem Ursprungskar auf eine lokale Verdickung des Eisstromes zurückgeführt. Wie weiter unten gezeigt wird, liegen die »Ursprungskare« der Bösensteingruppe und die »Stufen« unter den Karen in zwei Niveaus, in zirka 1600 *m* und zirka 2000 *m* Höhe; das obere Niveau wären Richter's Ursprungskare. Bei der Richterschen Annahme ist es nicht einzusehen, wie sich die oben erwähnte Verdickung des Eisstromes so konsequent überall gerade in 1600 *m* Höhe einstellen soll, trotz der so ungleichen Mächtigkeit des Eises, der verschiedenen Länge des Gletschers, der wechselnden orographischen Verhältnisse. Für alle Gletscher eines Karschlusses wäre dann nur ein Kar der Ausgangspunkt der Eisströme gewesen, das höchstgelegene, das Ursprungskar; und dieses Kar liegt in unserer Gebirgsgruppe in einer Höhe von zirka 2000 *m*. Es müßte also der Gletscher einer Eiszeit, der die Stufe unter dem Kar ausgemeißelt hat und der jüngere, kleinere, einem Rückzugstadium angehörige Eisstrom, der, wie

z. B. im Singsdorfer, Globocken- und Ochselbachgraben seine Moränen gerade an der Karstufe aufgesetzt hat, aus demselben Kar ausgegangen sein. Man wird sich der Tragweite dieser Anschauung sofort bewußt, wenn man bedenkt, daß damit auch der leiseste Zusammenhang zwischen Karhöhe und Schneegrenze geleugnet wird. Der Zufall stiege hier geradezu in den Rang eines Naturgesetzes, wenn man an die Fügung glaubte, daß die alten Gletscher sich ihre Kare gerade ober der Firngrenze ihrer Nachfolger geschaffen hätten.

So wird man denn von selbst dazu gedrängt, mit Aigner diese Kartreppen als Systeme von Haupt- und Nebenkaren anzusprechen, auch den Boden an der Stufe unter dem Ursprungskar als echten Karboden zu erklären. Das tiefere Kar ist das ältere, zur Zeit seiner Aktivität schob sich zwischen Karrand und Kammlinie ein breiter Rücken ein; war der Gletscher verschwunden, so konnte die Erosion nunmehr das Stück zwischen Karrand und First angreifen und Erosionsrinnen schaffen, in die sich später das jüngere Firnfeld hineinlegte und nun seinerseits ein neues höheres Kar ausschürfte. Nach Aigner wäre diese neue Karbildung abhängig von der Größe des Zwischenraumes zwischen dem alten Karrand und der Kammlinie; nur bei entsprechender Größe dieser Strecke könnte sich ein Quelltrichter bilden und in dessen Fußpunkt soll sich dann nach dem eben zitierten Autor das neue obere Kar bilden. Damit wäre stillschweigend behauptet, daß auch die Entstehung dieses tieferen Kares von der Lage des Wassertrichters abhängig gewesen sei; dann aber wäre der Zusammenhang von Schneegrenze und Karhöhe, der überall in den niederen Tauern auffällt, nicht vorhanden. Und wie die einheitliche Bodenhöhe der Kare einen solchen Erklärungsversuch von vornherein ausschließt, so darf man denselben auch mit Rücksicht auf die 2000 *m* Höhe des oberen Karbodens annehmen.

Aus der folgenden Zusammenstellung der Karhöhen der Bösensteingruppe ist das Vorhandensein von zwei Karniveaus leicht ersichtlich; hinzugefügt sind einige Karhöhen aus anderen Gebirgsgruppen.

Unteres Kar; Richters Stufe unter dem Ursprungskar; Hauptkar Aigners		Oberes Kar; Richters Ursprungskar; Aigners Nebenkar	
Bösensteingruppe			
Kar der Scheipelalpe	zirka 1670 *m*	Oberes Bösensteinkar	zirka 2000 *m*
Ochsenkar (ober der Kotalpe)	zirka 1640 *m*	Kar des Gefrorenen Sees	zirka 2000 *m*
Kar ober der Pacheralpe	zirka 1630 *m*	Kar unter den Drei Stecken	zirka 2000 *m*
		Kar südöstlich der Hochheide	zirka 1980 *m*
		Kar unter dem Pacherkoppen	zirka 1950 *m*
Kar der Singsdorferalpe	zirka 1640 *m*	Kar nördlich der Hochheide	zirka 2000 *m*
		Kar östlich des Bösensteins	zirka 2000 *m*
		Kar des Steinwandkogels	zirka 2000 *m*
		Kar zwischen Bärwurzleiten und dem Kleinen Bösenstein	unter 2000 *m*
		Drei Kare zwischen Hochheide und Einödalpe	zirka 2000 *m*
Sekkauer Alpen.			
		Kar am Geierkogel	zirka 2000 *m*
Kar der Griesalm am Griesstein	zirka 1600 *m*	Oberes Kar am Griesstein	zirka 2000 *m*
		Kar zwischen Ringkogel und Pletzen	zirka 2000 *m*
		Kar am Sonntagskogel	zirka 2000 *m*

Unteres Kar; Richters Stufe unter dem Ursprungskar; Hauptkar Aigners		Oberes Kar; Richters Ursprungskar; Aigners Nebenkar	
Wölzer Alpen.			
		Kar am Schober	über 2000 *m*
Kar des Fischsees am Hochwart	zirka 1800 *m*	Oberes Kar am Hochwart	zirka 2100 *m*
		Kar am Seekarspitz (Radstädter Tauern)	zirka 1900 *m*
		Kar der Patschkenalpe (Gams-Karlgruppe)	zirka 1900 *m*

Es ließen sich vielleicht die Kare der ganzen Alpen in bezug auf ihre Höhe in mehrere Gruppen zerlegen; denn es gibt wie in vielen Teilen der Hohen und Niederen Tauern Kare in ganz verschiedenen Höhen; als Beispiel sei das Maltatal herangezogen, wo es an den Kälberspitzen unvergletscherte Kare in 2500 *m* Höhe gibt, neben vergletscherten höheren und verschiedenen »Stufen« unter den Karen.

Welcher Schneegrenzlage nun die beiden Karniveaus der Bösensteingruppe angehören, darüber läßt sich nur eine allerdings wohlbegründete Vermutung aussprechen. Wir stellen uns die Bildung der Kare in verschiedenen Höhen getrennt vor und weisen das Karniveau von 1600 *m* der Würmeiszeit oder überhaupt der Eiszeit, entsprechend einer in diesen Gebirgsteilen etwa 1600 *m* hoch liegenden Schneegrenze zu; die Kare in 2000 *m* Höhe fallen dann naturgemäß in ein Rückzugsstadium, wohl ins Bühlstadium; mit Aigner die tieferen Kare der ersten Eiszeit zuzuweisen, scheint unbedingt ausgeschlossen zu sein, weil damit die Schneegrenzlage der Würmeiszeit nicht stimmen würde.

Es wurde nun auch der Versuch gemacht, die Höhenlage der Schneegrenze zu berechnen: es wurden zu diesem Zwecke mehrere Methoden angewendet und dabei die Beobachtung gemacht, daß die nach verschiedenen Methoden für einen Gletscher berechneten Schneegrenzlagen nicht unbe-

deutend voneinander abwichen; jede dieser Berechnungen hat einen bedeutenden subjektiven Einschlag. Aus diesem Grunde wurde darauf verzichtet, genaue Zahlen zu geben. Wir fanden für die Gletscher, deren Moränen im Pölstal, bei der Bruckenwirtshube, im Sunk, Helleralpe, bei der Brettersäge im Schwarzenbachgraben liegen, eine Schneegrenzhöhe um **1600** *m*. Für die kleinen Gletscher, deren Enden sich bei der Scheipelalpe und Kotalpe befinden, ergab sich eine Schneegrenzhöhe um **2000** *m*.

Diese Schneegrenzhöhen stimmen nun sehr gut mit der Höhenlage der Würm- und Bühlschneegrenze in den benachbarten Gebieten überein; eine tabellarische Zusammenstellung[1] zeigt dies am besten:

	Schneegrenze in der Würmeiszeit	Schneegrenze im Bühlstadium
Niedere Tauern, Nordseite	1400—1500 *m*	1700 *m*
Niedere Tauern, Südseite	1500—1600 *m*	1800—1900 *m*
Gaalgraben	1700 *m*	
Seetaler Alpen	1600—1800 *m*	1950—2000 *m*
Gleinalpe	1600—1700 *m*	
Zeyritz-Kampel	1600 *m*	
Bösensteingruppe	1600 *m*	2000 *m*

Der größeren Isoliertheit der Bösensteingruppe entspricht die höhere Schneegrenze gegenüber der des Ennstales (Niedere Tauern, Nordseite); dazu kommt noch die geringere Gipfelhöhe und der Umstand, daß die Vergletscherung der Bösensteingruppe nicht an das große alpine Eisstromnetz angeschlossen war. Gut stimmen die Schneegrenzhöhen der Bösensteingruppe mit denjenigen der Seetaler Alpen überein. Der Vergleich mit den Schneegrenzen der anderen benachbarten Gletscher bestätigt das, was wir schon bei den Karen herausgebracht haben, daß nämlich die äußeren Moränen (Pölstal, Bruckenwirts-

[1] Siehe auch A. Aigner, l. c., p. 79.

huben u. s. w.) der großen Eiszeit, wohl der Würmvereisung, die Moränen der Scheipel- und Kotalpe dem Bühlstadium angehören.

Nun noch einige Worte über die Karte; auf derselben wurden die Moränen eingetragen und zugleich der Versuch gemacht, die Gletscher zu rekonstruieren. Ein Vergleich dieser Rekonstruktion mit der Spezialkarte wird die orographischen Verhältnisse und damit die Gletscherentwicklung sofort klar machen; hervorzuheben wäre noch, daß der Triebenbachgletscher sich mit dem Paltenarm des Ennsgletschers vereinte und daß daher bei ihm ein Gletscherende fehlt.

Die alten Gletscher der Bosensteingruppe

Erdmoränen

Rekonstruktion der Gletscher

Maßstab. 1 75000

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Die extrafloralen Nektarien von Melampyrum vom physiologisch-anatomischen Standpunkt

von

Heinrich Kirchmayr.

Aus dem botanischen Institut der k. k. Universität in Innsbruck.

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Mai 1908.)

Einer Anregung meines hochverehrten Lehrers Prof. Dr. Heinricher nachkommend, untersuchte ich die an den Hochblättern von *Melampyrum arvense* gruppenweise sitzenden Drüsen, die in der Systematik vielfach als »schwarze Punkte« angegeben werden.[1] Nachdem ich unter den 77 Gattungen, deren Sekretionsorgane Reinke[2] behandelte, *Melampyrum* nicht angeführt fand, begann ich die Untersuchung und wurde erst im Laufe derselben mit Ráthay's[3] auf denselben Gegenstand bezüglichen Mitteilungen bekannt, auf die Loew,[4] Solereder[5] und Knuth[6] hinweisen.

Ráthay wurde durch die gleichzeitige Beobachtung der schwarzen Punkte auf den Hochblättern von *Melampyrum arvense* und des Ameisenbesuches auf *M. nemorosum* auf die

---

[1] Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, IV. Teil, 3. Abt., *b*, p. 99. »Deckblätter an der Basis schwarz punktiert.«

[2] J. Reinke, Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Sekretionsorgane. Jahrb. für wissensch. Botanik, 10 (1876).

[3] Emerich Ráthay, Über nektarabsondernde Trichome einiger *Melampyrum*-Arten. Diese Sitzungsber., 81. Bd., I. Abt., Jahrg. 1880.

[4] Loew, Blütenbiologische Floristik, 1894, p. 300.

[5] Solereder, Systematische Anatomie der Dicotyledonen, 1899, p. 661.

[6] Knuth, Handbuch der Blütenbiologie, 1898 bis 1904, II, 2, p. 176.

Vermutung geführt, daß diese Punkte, deren Vorhandensein er auch bei letztgenannter *Melampyrum*-Art voraussetzte, Drüsen seien, die durch ein süßes Sekret die Ameisen anlocken. Bei näherer Betrachtung fand er tatsächlich einerseits bei *M. nemorosum* die Drüsenflecke, die hier wegen ihrer Farblosigkeit leichter übersehen werden können, und konstatierte anderseits auch für *M. arvense* den Besuch von Ameisen, die das aus den Drüsen hervorquellende Sekret verzehren. Die Sekrettropfen, die über den Drüsen abgeschnittener und in Wasser gestellter Sprosse eine ansehnliche Größe erlangen und sich nach wiederholtem Entfernen mit Filtrierpapier stets wieder erneuern, fand Ráthay intensiv süß schmeckend und wies auch auf chemischem Wege Zucker nach. Er konnte somit die von ihm außer an den beiden bereits genannten Arten auch an *Melampyrum barbatum* und *M. pratense* nachgewiesenen Drüsen mit voller Sicherheit als extraflorale Nektarien ansprechen und daher die Gattung *Melampyrum* der Reihe jener Pflanzen anschließen, für die Delpino[1] 1877 und Bonnier[2] 1879 das Vorkommen extrafloraler Nektarien angegeben hatten.

Ráthay hat auch den anatomischen Bau und die Entwicklungsgeschichte der Nektarien behandelt; doch halte ich eine genauere Betrachtung der Drüsen vom anatomisch-physiologischen Standpunkt nicht für überflüssig; außerdem glaube ich die Angaben Rathay's über die Entwicklungsgeschichte der Drüsen berichtigen zu können.

Die Nektardrüsen auf den Hochblättern der *Melampyrum*-Arten zeigen sich, wenn man frisches oder Alkoholmaterial mit der Lupe betrachtet, als scharf umschriebene rundliche Scheibchen, die etwas in die Blattfläche eingesenkt sind. Besonders deutlich treten die Drüsen auf den als Schauapparat dienenden roten Hochblättern von *M. arvense* hervor, weil der Zellsaft der Drüsenzellen einen Farbstoff enthält, der das ganze

---

[1] Just'scher Jahresbericht, 3. Jahrg., p. 907.

[2] Annales des sciences naturelles, VI. Serie, Tome VIII.

Drüsenköpfchen schwarz erscheinen läßt. Die »schwarzen Punkte« werden daher auch in allen Bestimmungsbüchern als charakteristisches Merkmal der Art angegeben. Auch sind bei *M. arvense* die Drüsen in größerer Anzahl vorhanden als bei anderen Arten; man kann oft 30 bis 50 Drüsen an einem Hochblatte zählen. Die gewöhnliche Zahl und Verteilung der Drüsen auf der Blattfläche ist in Fig. 1 (Tafel) dargestellt; doch findet man ausnahmsweise auch Exemplare, deren Hochblätter äußerst sparsam mit Nektarien besetzt sind.

Bei *M. pratense* zeigen die Drüsen manchmal eine mehr minder deutliche Rotfärbung. Ráthay bemerkte, daß häufig auch an den obersten Laubblättern Drüsen vorhanden sind, gibt jedoch an, daß sie auf den unteren, typischen Laubblättern stets fehlen. Für *M. pratense* muß ich dies entschieden in Abrede stellen, denn ich fand bei dieser Art, die ich von der Keimung bis zur vollen Entwicklung beobachtete, an allen Blättern Nektarien, ja sogar schon an den Cotyledonen. Fig. 2 zeigt ein Keimblatt mit den an der Unterseite befindlichen Drüsen. Der Bau derselben entspricht vollkommen dem der Drüsen an den Hochblättern von *M. arvense* und ich halte sie auch für funktionstüchtig, da ich kleine glänzende Sekrettröpfchen über den Drüsen der Keimblätter beobachtete. Daß die Ameisen die Drüsen dieser Keimblätter aufsuchen, konnte ich allerdings nicht beobachten, doch scheint es mir nicht unwahrscheinlich, da *M. pratense* in weiter entwickeltem Stadium häufig von Ameisen besucht wird, die mit den Fühlern die Blattspreiten abtasten und die so aufgefundenen Nektarien belecken. Es ist übrigens auch möglich, daß die an den Cotyledonen befindlichen Drüsen bloß als Hydathoden fungieren.

Eine chemische Reaktion auf Zucker habe ich mit den Keimblattdrüsen nicht vorgenommen, weshalb die Frage, ob sie eine Zuckerlösung oder bloß Wasser sezernieren, unentschieden bleibt. Das folgende Schema soll die Verteilung der Nektarien an den untersten Blattpaaren von *M. pratense* darstellen. Dabei geben Nenner und Zähler der Brüche die Zahl der Nektarien zu beiden Seiten der Mittelrippe an, während das der Zahl beigefügte Sternchen bedeutet, daß das Nektarium an der Blattoberseite stand.

	Erstes Exemplar		Zweites Exemplar	
Keimblätter	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{0}{0}$
Erstes Blattpaar	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{1}$
Zweites »	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{1}$
Drittes »	$\frac{0}{0}$	$\frac{2^*}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$
Viertes »	$\frac{2^*}{2^*}$	$\frac{1}{2^*}$	$\frac{2^*}{1^*}$	$\frac{1}{0}$
Fünftes »	$\frac{1^*}{1^*}$	$\frac{3^*}{1^*}$	$\frac{1^*}{1^*}$	$\frac{1^*}{1^*}$

Die Nektarien stehen demnach bei den Keimblättern und den untersten Blattpaaren an der Unterseite, vom dritten oder vierten Paar angefangen jedoch an der Oberseite. Die weiter gegen den Vegetationspunkt zu folgenden Laub- und Hochblätter zeigen je 1 bis 4 Nektarien an der Oberseite jeder Blatthälfte und wurden, weil sich weiter keine Änderung mehr zeigt, nicht in das Schema aufgenommen. Das Vorkommen von Nektarien an Cotyledonen ist, soviel mir bekannt, bisher nur für eine Pflanzenart, nämlich *Ricinus*, konstatiert.[1] An den Keimblättern von *M. arvense*, deren ich allerdings nur wenige untersuchte, fand ich keine Nektarien, sondern erst an den oberen Laubblättern vereinzelte; ich halte es daher für unwahrscheinlich, daß die Nektarien bei allen *Melampyrum*-Arten von den Keimblättern bis zu den höchsten Deckblättern vorkommen, um so mehr als es *Melampyrum*-Arten gibt, bei denen die Nektarien überhaupt fehlen. An *M. silvaticum* z. B. konnte ich keine Nektarien finden, trotzdem ich zahlreiche Individuen von verschiedenen Standorten untersuchte.

Den anatomischen Bau der Nektarien untersuchte ich bei *M. arvense* genauer. Ein Blattquerschnitt, der gleichzeitig auch

[1] Bonnier, Les nectaires, op. cit.

durch die Mitte der Drüse geführt wird, läßt schon bei schwacher Vergrößerung die große linsenförmige Stielzelle[1] und den aus vielen palisadenartig aneinandergereihten Drüsenzellen bestehenden Sekretionsapparat erkennen. Die große Stielzelle enthält nach Ráthay »ein wenig körniges Protoplasma, einen ansehnlichen Zellkern und einen in allen Fällen farblosen und gerbstoff- und zuckerfreien Zellsaft«. In Fig. 18 seiner Tafel bildet er in der Stielzelle zwar den großen Zellkern ab, läßt sie aber sonst vollkommen leer, was vielleicht damit zusammenhängt, daß Ráthay frisches Material verwendete. Bei der Untersuchung von Alkoholmaterial tritt der Plasmainhalt der Stielzelle sowohl an Querschnitten als auch an Flächenschnitten[2] durch die Drüse sehr deutlich hervor. Der große Zellkern ist meist von einer zentralen Plasmamasse umgeben, die, wie Fig. 3 zeigt, durch zahlreiche von Zellsaftvakuolen getrennte Plasmabrücken mit dem peripheren Wandbelag in Verbindung steht; die Stielzelle macht demnach den Eindruck eines aktiven und lebhaft funktionierenden Elementes. Auf die spezifische Funktion der Stielzelle deuten außer dem großen Volumen[3] und der bauchigen Form auch die stark verdickten und in ihrer ganzen Breite kutikularisierten Seitenwände derselben hin. In der Flächenansicht erscheinen diese bei tieferer Einstellung in Form eines Ringes, der besonders deutlich hervortritt, wenn man mit Eau de Javelle behandelte Blattstücke in Chlorzinkjodlösung betrachtet (Fig. 4). Die Stielzelle fungiert, worauf schon die Versuche Ráthay's mit abgeschnittenen Sprossen hinweisen, als Turgeszenz- und Druckapparat und entwickelt, wie Haberlandt[4] für die epidermalen Hydathoden schreibt, »selbst die Pumpkraft, die Wasser nach außen preßt«, um damit die Zellen der Drüsenscheibe zu versorgen. Ebenso dürfte der linsenförmigen

---

[1] Ráthay nennt diese Zelle »Fußzelle«. Diese Bezeichnung ist, wie sich später zeigen wird, unberechtigt.

[2] Die Ausdrücke »Querschnitt« und »Flächenschnitt« gelten mit Beziehung auf das Blatt.

[3] Durchmesser der Stielzelle nach Ráthay = 0·280 bis 0·329 *mm*, also $^1/_4$ bis $^1/_3$ *mm*.

[4] Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie, III. Aufl., 1904, p. 438.

Stielzelle der Schilddrüsen, die gleichsam ein verkleinertes Abbild der Nektarienstielzelle ist und auch bereits eine schwache Verstärkung der Seitenwand zeigt, die nämliche Funktion zukommen, weshalb ich in Hinkunft für beiderlei Stielzellen, um deren Funktion hervorzuheben, den Terminus »Druckzellen« gebrauchen will. Die in dieser Zelle herrschenden Druckkräfte machen eine ringförmige Verstärkung notwendig, die z. B. auch bei der Stielzelle der Verdauungsdrüsen von *Pinguicula*[1] vorkommt, was mit Rücksicht auf den phylogenetischen Zusammenhang sowohl der Nektarien als auch der Digestionsdrüsen mit den Hydathoden von Interesse ist. Das Fehlen dieses festigenden Ringes könnte bei zunehmendem Druck im Inneren der relativ großen Zelle ein Zerreißen der Membran und eine Lostrennung der ganzen Drüsenscheibe von ihrer Unterlage bewirken. Während dies für das Nektarium höchst unzweckmäßig wäre, dient das Fehlen einer Wandverstärkung bei dem Phycomyceten *Pilobolus* der Verbreitung der Art, indem das angeschwollene Hyphenende tatsächlich infolge des Turgordruckes platzt und das ganze Sporangium fortschleudert.

Den Stoffverkehr der Druckzelle einerseits mit den ihr aufsitzenden Drüsenzellen, andrerseits mit dem Parenchym des Blattes erleichtert eine Tüpfelung ihrer beiden konvexen Wandungen, von der Ráthay nichts erwähnt. Man überzeugt sich von dem Vorhandensein dieser Tüpfel, wenn man die an der Blattoberseite vorstehenden, den einzelnen Drüsen der Unterseite entsprechenden Höcker durch einen Schnitt parallel zur Blattfläche abträgt und dadurch die Druckzelle zu halbieren sucht. Die obere Hälfte der Druckzelle zeigt dann, mit Eau de Javelle behandelt und entsprechend tingiert, bei starker Vergrößerung die in Fig. 5 dargestellte Flächenansicht. Die Zeichnung stellt bloß einen Teil der konvexen, an die Drüsenscheibe grenzenden Zellwand dar und zeigt die großen regellos verteilten Tüpfel, deren oft mehrere auf eine angrenzende Drüsenzelle entfallen.

Mit dem, was Ráthay über die Drüsenzellen der Scheibe und über die Cuticula sagt, die oft schon bei frühen Entwick-

[1] Haberlandt, op. cit., p. 442.

lungsstadien der Nektarien abgehoben und später vom Sekret gesprengt erscheint, stimmen meine Beobachtungen überein, nur fand ich nicht jedes Drüsenscheibchen nur aus einer Zellschicht gebildet, sondern beobachtete des öfteren, namentlich am Rande der Drüsenscheibe, zwei Stockwerke von sezernierenden Zellen übereinander, wie es auch in Fig. 3 ersichtlich ist.

Die auf die Entwicklung des Drüsenköpfchens der Nektarien bezüglichen Abbildungen Ráthay's entsprechen im allgemeinen auch den tatsächlich zu beobachtenden Teilungsvorgängen. Die Anlage der Drüsenscheibe erfährt zuerst eine Quadrantenteilung, dann wird durch Einfügung bogenförmiger Wände ein achtzelliges und durch die ersten tangentialen Wandungen ein zwölfzelliges Stadium erreicht. Hernach teilen sich meist die acht Randzellen radial, so daß sich ein zwanzigzelliges Stadium ergibt. Höchstens so weit lassen sich die Teilungsvorgänge in ein bestimmtes Schema bringen, während sich weiterhin keine regelmäßige Folge in den Teilungsrichtungen beobachten läßt. Da dieser Teilungsmodus im Vergleich mit der Entwicklung anderer ähnlicher Organe nichts Neues bietet, kann auf die Beigabe einer Abbildung verzichtet werden.

Von größerem Interesse ist dagegen die Frage, ob zu den Nektarien bloß die Druckzelle und die darüber befindliche Gruppe von Drüsenzellen gehören oder auch die unterhalb der Druckzelle befindliche Zellschicht, also drei Etagen. Ráthay läßt die Nektarien nur aus zwei Etagen bestehen: Druckzelle (Fußzelle) und die sezernierenden Zellen der Drüsenscheibe. Diese Deutung ist sicher irrig. Das wird schon nahezu zur Gewißheit, wenn man beachtet, was Scherffel[1] über die Entwicklungsgeschichte der für die Rhinanthaceen charakteristischen beiden Drüsentypen, der Köpfchen- und Schilddrüsen, mitgeteilt und was Heinricher[2] auch für die Drüsen von *Bartsia* bestätigt hat. Ráthay scheinen die Schilddrüsen bei *Melampyrum* überhaupt entgangen zu sein; allerdings ist

[1] Aladár Scherffel, Die Drüsen in den Höhlen der Rhizomschuppen von *Lathraea squamaria* L., in H. Leitgeb, Mitteilungen des botan. Institutes zu Graz, 1888.

[2] Ebendort, »Nachtrag«.

Scherffel's Abhandlung, welche die Schilddrüsen von *Lathraea* genauer beschreibt, erst später erschienen.

Bei den *Melampyrum*-Arten stehen beiderlei Drüsen an der Blattunterseite, jedoch, wenigstens die Köpfchendrüsen, in geringerer Zahl auch an der Oberseite, und zwar folgen sie im allgemeinen dem Verlauf der feineren Blattnerven, indem die einzelnen Schilddrüsen, wie die Textfigur zeigt, von fünf bis sieben Köpfchendrüsen ringförmig umgeben werden. (Dasselbe

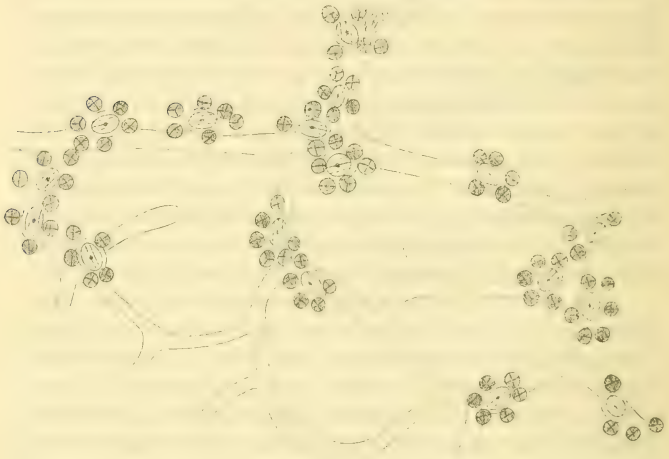


Bild zeigt auch die Blattunterseite anderer halbparasitischer Rhinanthaceen, z. B. *Alectorolophus* und *Tozzia*.[1]) Die Schilddrüsen zeigen vier, meist in der Längsachse der Ellipse gestreckte Drüsenzellen mit dem Cuticularloch in der Mitte, während sich die Seitenwand der Druckzelle als Ellipsenring projiziert. Die Fig. 6 der Tafel zeigt eine einzelne Drüsengruppe im Querschnitt. Die eingesenkte Schilddrüse ist in der kurzen

[1] Siehe Göbel, Über die biologische Bedeutung der Blatthöhlen von *Tozzia* und *Lathraea*. Flora 1897, Textfig. 4, p. 447.

Achse der Ellipse getroffen, so daß alle vier Drüsenzellen sichtbar sind.

Da Ráthay die Schilddrüsen nicht berücksichtigte, konnte er in seiner Darstellung der Nektarienentwicklung bloß jene der Köpfchendrüsen zum Vergleich heranziehen. Er vermutet sogar, da die ersten Entwicklungsstadien beider Drüsen sehr ähnlich sind, »daß die kleineren Schüppchen (die Köpfendrüsen) Drüsenschuppen (Nektarien) sind, welche auf einer niederen Entwicklungsstufe stehen bleiben oder, um mich anders auszudrücken, daß die kleinen Schüppchen rudimentäre Drüsenschuppen darstellen«. Jedoch gerade der Aufbau der Schilddrüsen erinnert, wie bereits erwähnt, unmittelbar an jenen der Nektarien: in beiden begegnet uns die charakteristische linsenförmige, in die Blattfläche eingesenkte Druckzelle und auch die ersten Entwicklungsstadien der Nektarien sind, wie sich von vornherein erwarten läßt, mit jenen der Schilddrüsen, wie sie Scherffel für *Lathraea* schildert und darstellt, auffallend übereinstimmend. Eine papillenartig vorgewölbte Protodermzelle teilt sich durch zwei parallele Wandungen in drei Etagen (Fig. 7), von denen die mittlere als Druckzelle ungeteilt bleibt, während die oberste den eigentlichen Drüsenapparat liefert. Die unterste Etage teilt sich bei den Schilddrüsen in eine Gruppe von wenigen Zellen (im Querschnitt, Fig. 6, sind zwei getroffen), die an der Innenseite der eingesenkten Druckzelle einen einschichtigen Belag bilden. Bei den Nektarien erfährt diese unterste Etage, entsprechend der vielzelligen Ausgestaltung des Drüsenköpfchens, noch mehr Teilungen, bildet aber schließlich ebenfalls einen Belag an der uhrglasförmig gewölbten Innenwandung der Druckzelle. Was Scherffel für die unterste Zelletage der Schilddrüsen sagt, das gilt daher auch für die unterhalb der Druckzelle gelegene Zellschicht der Nektarien: sie bildet einen »integrierenden Bestandteil« des ganzen Organs, wenn diese Zugehörigkeit auch im ausgebildeten Zustande nicht mehr deutlich hervortritt. Die Fig. 8 und 9 stellen ältere Entwicklungsstadien der Nektarien vor. Bei Fig. 8 beobachtet man noch keine Einsenkung der Druckzelle in die Blattfläche, während sich in Fig. 9 schon eine Spur davon erkennen läßt. In ganz ähnlicher Weise sitzen nach Scherffel die in

Entwicklung begriffenen Schilddrüsen der Epidermis auf; erst später wölbt sich die untere Wand der Druckzelle immer mehr nach innen, so daß diese Zelle immer tiefer in die Blattfläche versenkt wird.

In der ersten Anlage zeigen alle Drüsentypen von *Melampyrum* denselben Grundplan, indem sie aus drei Etagen bestehen. Die Köpfchendrüsen stellen die einfachste Drüsenart, also die niedrigste Entwicklungsstufe vor. Bei den Schilddrüsen, welche die zweite, höhere Stufe vorstellen, hat sich die Stielzelle als Druckzelle entwickelt. Das spricht, ebenso wie das merkwürdige Cuticularloch am Scheitel der Drüsenscheibe, für die Hydathodennatur der Schilddrüsen, die bereits Göbel,[1] Groom[2] und Heinricher[3] hervorgehoben haben. Durch weitere Modifikation kam eine leistungsfähigere Form der Schilddrüsen zustande, indem der ganze Apparat, insbesondere die sezernierende Schicht, sich vergrößerte. Damit ist die dritte und höchste Entwicklungsstufe erreicht. Die Nektarien gingen dann aus diesen nektarienähnlichen Hydathoden durch teilweisen Funktionswechsel hervor, indem das Sekret zuckerhaltig wurde.

Betreffs der Bedeutung, welche die Nektarien im Haushalt der *Melampyrum*-Pflanzen haben, kommt Ráthay zu dem Resultat, daß keine der bis dahin aufgestellten Theorien auf die Nektarien von *Melampyrum* angewendet werden kann. Ráthay läßt daher diese Frage offen. Vielleicht stehen jedoch die Nektarien in Beziehung zu der Verbreitung der *Melam-*

---

[1] Göbel, op. cit.

[2] Percy Groom, Über die Blätter von *Lathraea squamaria* und einigen verwandten Scrophulariaceen. Annales of Botany, 1897, Vol. XI.

[3] E. Heinricher, Die grünen Halbschmarotzer, III (*Bartschia* und *Tozzia*); auf p. 720 findet man folgende, auf die Hydathodenfrage bezügliche Stelle: »Ist die Wasserausscheidung durch die Drüsen der Rhinanthaceen auch sicher, so ist andrerseits noch nicht eindeutig festgestellt, welche Drüsen, ob Köpfchen- oder Schilddrüsen, der Wasserausscheidung dienen. Haberlandt schreibt letztere den Köpfchendrüsen, Göbel und Groom den Schilddrüsen zu. Eine sichere Entscheidung kann ich vorläufig in der Sache nicht bringen. Allerdings halte auch ich die Schilddrüsen für die Hydathoden, und zwar wesentlich aus den gleichen Gründen, welche Göbel dafür angeführt hat.«

pyrum-Samen durch Ameisen. Lundström[1] hat konstatiert, daß die Ameisen Samen von *M. pratense* aus den geöffneten Kapseln herausholen und ich kann dies für *M. arvense* nach eigener Beobachtung bestätigen. Während jedoch Lundström annimmt, daß die auffallende Ähnlichkeit der *Melampyrum*-Samen mit Ameisenkokons die Ameisen verlocke, diese Samen fortzutragen, daß also die Ameisen durch eine immerhin etwas plumpe Mimikry[2] getäuscht werden, erklärt Sernander die »Myrmekochorie« der *Melampyrum*-Samen durch die »Elaiosome«,[3] welche von den Ameisen verzehrt werden.

Daß die Elaiosome von den Ameisen benagt werden, beobachtete ich wiederholt an *M. arvense*; auch fehlt den Samen, die man vom Ackerboden sammelt, meist bereits das Elaiosom, das also vermutlich von Ameisen verzehrt wurde.

---

[1] A. N. Lundström, Pflanzenbiologische Studien. II. Die Apassung der Pflanzen an Tiere, in Nova Acta reg. soc. scient. Ups., Ser. III, Vol. 13, Fasc. 2, Upsala 1887.

[2] Daß die hochorganisierten Ameisen *Melampyrum*-Samen für Ameisengruppen halten und als solche einsammeln, hielt ich stets für sehr zweifelhaft trotz der entschiedenen äußeren Ähnlichkeit. Namentlich vermutete ich einen beträchtlichen Gewichtsunterschied zwischen den Samen und den Kokons und hielt erstere für wesentlich schwerer. Wägungen, die über Anregung Prof. Heinricher's im botanischen Institut vorgenommen wurden, zeigten jedoch, daß das Gewicht nahezu gleich ist. In Zeitabständen von 24 Stunden ergaben sich, für die Einheit berechnet, folgende Zahlen:

	Ein Samenkorn	Ein Kokon von *Camponotus*
Frisch	19·045 *mg*	15·250 *mg*
Nach 24 Stunden	12·035	14·826
Nach 48 Stunden	11·075	14·225

Man sieht, daß das Gewicht der Samen und der Kokons zu einer gewissen Zeit, kurz nach der Samenentleerung, gleich gewesen sein muß. Dabei stimmte die Größe der Samen (es wurde *M. silvaticum* verwendet) anfänglich mit jener der Kokons überein, während die Samen später einschrumpften und wesentlich kleiner wurden als die Kokons; auch bräunten sich die Samen bald und wurden den Kokons immer unähnlicher.

[3] So bezeichnet Sernander eigentümliche Gewebedifferenzierungen, die in verschiedener Form an vielen Samen auftreten, aus zartem Gewebe, unter dessen Inhalt besonders fettes Öl hervortritt, bestehen und die von den Ameisen gesucht und verzehrt werden. Rutger Sernander, Monographie der europäischen Myrmekochoren.

Der Grund für die Verschleppung der *Melampyrum*-Samen durch Ameisen ist hierdurch genügend erklärt.

Die extrafloralen Nektarien scheinen mir die Samenverbreitung zu unterstützen, indem sie die Ameisen zu den *Melampyrum*-Pflanzen hinlocken. Die Samenverbreitung kann man demnach, wenn man bildlich sprechen will, gewissermaßen als Gegendienst auffassen, den die Ameisen der gastlichen Pflanze erweisen.

Auch die Hypothese von Belt und Delpino, nach welcher die extrafloralen Nektarien solche Tiere anlocken, die den Feinden der Pflanze den Aufenthalt auf derselben verleiden, ist für *Melampyrum* nicht ganz von der Hand zu weisen. Die ärgsten Schädlinge der Melampyren sind die Schnecken, die nach Heinricher's Beobachtungen die Kulturen, namentlich des nektarienlosen *M. silvaticum*, häufig arg schädigen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Ameisen, die oft in größerer Anzahl auf einem Pflanzenexemplar versammelt sind, den Schnecken den Aufenthalt verleiden. Vielleicht ist *M. silvaticum* eben wegen des Mangels der Nektarien dem Schneckenfraß besonders ausgesetzt.

Die Ergebnisse meiner Untersuchung kann ich in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Mehrere Arten der Gattung *Melampyrum (M. arvense, nemorosum, barbatum, pratense)* führen extraflorale Nektarien. Von den von mir untersuchten fehlen sie bloß bei *M. silvaticum*. Sie sind nicht immer auf die Hochblätter beschränkt, sondern finden sich, wenigstens bei *M. pratense*, auch auf sämtlichen Laubblättern und sogar auf den Cotyledonen. Die auf letzteren sitzenden Drüsen fungieren vielleicht nur als Hydathoden.

2. Die linsenförmige voluminöse Stielzelle der Nektarien ist als Druckapparat von besonderer Bedeutung und wurde daher so wie die entsprechende Zelle der Schilddrüsen »Druckzelle« genannt. Sie besitzt als Schutz gegen den Turgordruck eine kutikularisierte Verstärkung der freien Seitenwand und ist zur Erleichterung des Stoffverkehrs einerseits mit der Drüsenscheibe, anderseits mit der basalen Zellschicht, an den konvexen Wandungen mit großen Tüpfeln versehen.

3. Alle drei Drüsenarten der Melampyren haben den gleichen Grundplan. Sie entstehen aus einer Protodermzelle, die sich in drei Etagen teilt. Aus den Köpfchendrüsen sind zunächst die Schilddrüsen entstanden, welche die gleiche große Druckzelle aufweisen wie die Nektarien. Dieses Moment weist auch auf den Hydathodencharakter der Schilddrüsen hin. Eine leistungsfähigere Form der Hydathoden wurde durch weitere Umgestaltung der Schilddrüsen erzielt: durch Vergrößerung des ganzen Apparates und vor allem der sezernierenden Schicht. Aus diesen dem Bau der Nektarien schon entsprechenden Hydathoden dürften durch teilweisen Funktionswechsel die zuckersezernierenden eigentlichen Nektarien hervorgegangen sein.

4. Die biologische Bedeutung der extrafloralen Nektarien für die *Melampyrum*-Arten dürfte in der Anlockung der Ameisen zu suchen sein, die, wie sicher festgestellt ist, bei der Verbreitung der Samen mitwirken. Auch dürfte der Ameisenbesuch den Schädlingen der *Melampyrum*-Pflanzen, namentlich den Schnecken, den Aufenthalt auf denselben verleiden.

Es erübrigt mir noch, Herrn Prof. Dr. Heinricher, dem ich die Anregung zu dieser Arbeit verdanke, für die mannigfaltige Unterstützung, die er mir während derselben zukommen ließ, meinen Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Textfigur: Blattstück von *M. arvense*, Alkoholmaterial, Eau de Javelle, Hämatoxylin. Blattunterseite bei schwacher Vergrößerung. Die Köpfchendrüsen färben sich stark, während an den Schilddrüsen nur das Kutikularloch deutlich markiert erscheint. Die Konturen der Blattnervatur wurden eingezeichnet.

Fig. 1. Hochblatt von *Melampyrum arvense*. Vergr. 1·5. Zeigt die normale Zahl und Verteilung der an der Unterseite sitzenden Nektarien.

Fig. 2. Keimblatt von *M. pratense* mit drei Nektarien an der Unterseite. Nat. Gr.

Fig. 3. Querschnitt durch ein Nektarium von *M. arvense* nach Alkoholmaterial. Vergr. 125. An der Druckzelle sind die verstärkten Seitenwandungen sowie die Tüpfel der konvexen Wände sichtbar.

Fig. 4. Flächenansicht eines Nektariums von *M. arvense* nebst einem Teile der Epidermis. Vergr. 125. Die ringförmige Kontur in der Mitte ist die verdickte Seitenwandung der Druckzelle und bloß bei tieferer Einstellung sichtbar. Behandlung: Eau de Javelle, Chlorzinkjodlösung.

Fig. 5. Tüpfelung der oberen Wandung der Druckzelle in Flächenansicht. Es ist bloß ein Teil der Wand gezeichnet. Vergr. 460. Behandlung: Eau de Javelle, Hämatoxylin.

Fig. 6. Querschnitt durch eine Schilddrüse und zwei Köpfchendrüsen von *M. pratense*. Die vier Drüsenzellen der Schilddrüse sind quer getroffen. Vergr. 200.

Fig. 7. Junges Entwicklungsstadium eines Nektariums von *M. arvense*. Die ursprünglich papillenartig vorgewölbte Protodermzelle hat sich in drei Etagen geteilt. Vergr. 420.

Fig. 8. Entwicklungsstadium eines Nektariums von *M. arvense*. Unterste Etage bereits geteilt. Vergr. 420.

Fig. 9. Älteres Entwicklungsstadium eines Nektariums von *M. arvense*. Unterste Etage und Drüsenscheibe bereits mehrzellig. Einsenkung der Druckzelle in das Blatt hat schon begonnen. Vergr. 230.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Vegetationsstudien in den Ostalpen.

Durchgeführt mit Unterstützung der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien und der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen.

II.

Die illyrische und mitteleuropäisch-alpine Flora im oberen Save-Tale Krains

von

Günther Ritter Beck v. Mannagetta und Lerchenau,

k. M. k. Akad.

(Mit 1 Karte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Mai 1908.)

Einleitung.

Der erste Teil der »Vegetationsstudien in den Ostalpen«[1] war nicht nur der Festlegung der äußersten Grenzen der mediterranen Flora im Isonzo-Tale gewidmet, sondern verfolgte auch das Verhalten der illyrischen Flora auf ihrer nach Norden in das Herz der Alpen führenden Wanderstraße im Isonzo-Tale bis zum Predil-Passe, wobei die mannigfachen Vermengungen beider genannten Floren mit der mitteleuropäisch-alpinen Flora besondere Beachtung fanden.

Dank der Unterstützung einer verehrlichen »Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen«, für die auch an dieser Stelle der wärmste Dank nochmals abgestattet sei, war es dem Verfasser erfreulicherweise ermöglicht worden, das Verhalten der illyrischen Flora auch auf einer zweiten Wanderstraße gegen das Zentrum der Alpen, nämlich im oberen Save-Tale Krains, studieren zu können, wobei sich im allgemeinen ähnliche Vegetationsverhältnisse wie im Isonzo-Tale feststellen ließen.

[1] In diesen Sitzungsberichten, CXVI (1907), Abt. I, 1439.

Hier treffen, da die mediterrane Flora den breiten Rücken des Karstes nur mit sehr wenigen, anpassungsfähigen Arten[1] in Krain überschritten hat, die Formationen der illyrischen Flora allein mit jenen der mitteleuropäischen zusammen und verlieren mit der Annäherung an das Hochgebirge ebenso wie im Isonzo-Tale in der Masse der alpinen Flora ihre letzten Bestandteile. Noch viel auffälliger als am Südrande der Julischen Alpen wird hingegen am Nordrande derselben das massige Herabgreifen der Hochgebirgsflora und die Erhaltung inselförmiger Relikte derselben in der Ebene.

Die Klarlegung dieser interessanten Vegetationsverhältnisse im oberen Save-Tale mußte auch hier aus den bereits im ersten Teile der Vegetationsstudien dargelegten Gründen[2] zumeist auf eigenen, leider oft unzureichenden Forschungen aufgebaut werden und zu ihrer Darstellung wurde eine ähnliche Gliederung des Stoffes wie im ersten Teile dieser Studien gewählt, indem zuerst das Verhalten der illyrischen, dann jenes der mitteleuropäisch-alpinen Flora und von dieser wieder im besonderen nur die unteren Höhengrenzen und ihre Relikte in der Talsohle einer eingehenden Erläuterung unterworfen werden.

A. Die illyrische Flora.

1. Herkunft der illyrischen Gewächse im oberen Save-Tale.

Die bislang vorliegende pflanzengeographische Kartographie des oberen Save-Tales in Krain läßt leider keine bestimmte Annahme zu, wie das Eindringen der daselbst vorkommenden illyrischen Pflanzen aus dem südwärts liegenden, geschlossenen Gebiete derselben zu erklären sei. In der von

[1] Es sind dies z. B.:

Polypogon monspeliensis Desf.	*Reseda phyteuma* L.
Asphodelus albus L.	*Lathyrus aphaca* L.
Tamus communis L.	*Eryngium amethystinum* L.
? Gladiolus communis L.	*Scandix pecten veneris* L.
Ophrys apifera Huds.	*Cymbalaria muralis* Baumg.
Aethionema saxatile R. Br.	*Galium purpureum* L. u. a.

[2] Beck, Vegetationsstudien in den Ostalpen, I, a. a. O., p. 3 bis 4.

A. v. Kerner im Jahre 1888 entworfenen »Florenkarte von Österreich-Ungarn«[1] werden das Gebiet des oberen Save-Tales ostwärts bis zur Einmündung der Sann sowie die Ländereien südlich von Laibach von der Laibachquelle bis über Weixelburg und von da nach Steinbrück zum Gebiete der baltischen (oder besser mitteleuropäischen) Flora gerechnet, in dem einige Inseln der pontischen Flora zwischen Laibach und Ober-Gurk und eine Insel derselben Flora südöstlich von Bischoflack eingestreut liegen. A. v. Kerner änderte an diesen Grenzlinien auch in der zehn Jahre später erschienenen Neuauflage dieser Karte[2] nichts. Hingegen schlägt eine Vegetationskarte Drude's[3] ganz Krain bis zu einer Linie westlich der Laibach und nördlich der Save, die etwa von Görz über Bischoflack nach Stein und Trifail verläuft, der westpontischen Vegetationsregion zu.

Ich bin leider nicht imstande, die Florengrenzung beider Forscher den natürlichen Verhältnissen dieses Gebietes anzupassen, denn gerade zwischen Adelsberg und Laibach liegt die pflanzengeschichtlich so bemerkenswerte Verbindungsbrücke, welche die mitteleuropäische, respektive alpine Flora des Trnowaner und Birnbaumer Waldes mit jener des Krainer Schneeberges und der Kapela verbindet und weiter zum Velebit geleitet und die entgegen der Darstellung A. v. Kerner's nirgends massig von der Karstflora (respektive pontischen, westpontischen oder illyrischen) durchbrochen wird, wie ich es nach meinen Studien auch an anderer Stelle[4] graphisch zum Ausdrucke brachte, noch weniger aber vollkommen der westpontischen Flora zugeschlagen werden kann, wie es die Karte Drude's aufweist.

Es muß aber sofort zugegeben werden, daß gerade in dem südlich von Laibach liegenden Teile Krains die Kartographie

---

[1] In Physik. stat. Atlas von Österreich-Ungarn, Nr. 14 (1888).

[2] A. v. Kerner, Pflanzenleben, 2. Aufl., II, zwischen p. 652 und 653 (1898).

[3] In Drude, Deutschl. Pflanzengeogr., I (1896), Beilage 1.

[4] G. v. Beck, Vegetationsverh. der illyr. Länder (1901), Florenkarte. — Pflanzengeogr. Karte von Öst.-Ung., ausgestellt bei Gelegenheit des II. internat. bot. Kongr. Wien (1905).

der Vegetationsverhältnisse sehr großen Schwierigkeiten unterliegt. Dies erklärt sich daraus, daß in diesem in breiter Verbindung mit der Balkanhalbinsel stehenden Berglande in den Erdperioden seit der letzten Interglacialzeit eine fortwährende Vermengung und Verschiebung der illyrischen und mitteleuropäischen Florenelemente stattfand, die es begreiflich machen, daß man gegenwärtig einer Mischflora gegenübersteht, in der scharfe Vegetationslinien nicht ausgeprägt sind.

So macht es demnach selbst Schwierigkeiten, das Woher der Einwanderung der im Save-Tale auftretenden illyrischen Gewächse festzustellen.

Soweit meine Beobachtungen im österreichischen Karstlande reichen, enden die geschlossenen Formationen der illyrischen Flora, insbesondere des Karstwaldes und der Karstheide an der scharfen Vegetationslinie, die am Südabhange des Trnowaner und Birnbaumer Waldes von Görz über Wippach bis Präwald südlich des Nanos führt.[1] Ebenso lassen sich die Formationen der illyrischen (Karst-) Flora von Volosca zwischen den mit Buchen bekleideten Höhen des Tschitschenlandes und dem mit voralpinen Tannen- und Rotbuchenwäldern besetzten Hochplateau des Krainer Schneeberges bis gegen St. Peter in Krain verfolgen. Keinesfalls rücken aber die Karstgehölze in geschlossener Formation weiter nach Norden vor. Die etwa 20 *km* breite Landbrücke zwischen Adelsberg und Oberlaibach hält die mitteleuropäische Flora mit ihren Formationen, in welchen sich sehr zahlreiche alpine, aber nur wenige illyrische Pflanzen vorfinden, besetzt. Die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia* Scop.) und die Mannaesche (*Fraxinus ornus* L.) verschwinden hier zwar nicht, aber ihr Vorkommen beschränkt sich vornehmlich auf warme, gegen Süden und Osten geböschte Kalkgehänge. Die Karstwiesen sind in dieser Landbrücke nicht mehr typisch ausgebildet und haben viele ihrer charakteristischen Elemente schon um Adelsberg verloren.

Es kann eine große Anzahl pontisch-illyrischer Gewächse namhaft gemacht werden, welche um Adelsberg ihre Verbreitung gegen Norden abschließen oder die wenigstens über

[1] Vgl. Beck, Vegetationsstudien in den Ostalpen, I, a. a. O., p. 1507.

diese Grenze hinaus nur mehr sehr zerstreut (*) vorkommen, so:

Stipa pennata L.
Sesleria autumnalis Schultz
S. tenuifolia Schrad.
**Danthonia calycina* Rchb.
**Carex Halleriana* Asso
Gagea pusilla R. Sch.
**Asparagus tenuifolius* Lam.
**Lilium carniolicum* Bernh.
Gladiolus illyricus Koch
Aristolochia pallida Willd.
Dianthus sanguineus Vis.
D. tergestinus Reich.
Pulsatilla montana Rchb.
Paeonia peregrina Mill.
Delphinium fissum W. K.
**Roripa lippicensis* Rchb.
**Thlaspi praecox* Wulf.
Prunus mahaleb L.
Genista silvestris Scop.
G. sericea Wulf.
**Medicago prostrata* Jacqu.
M. minima L.
**Vicia grandiflora* Scop.
Lathyrus variegatus Gren. Godr.
L. versicolor G. Beck
**Geranium nodosum* L.
**Linum narbonense* L.
Polygala carniolica Kern.
Euphorbia epithymoides L.
Rhamnus rupestris Scop.
Ferula galbanifera Koch
Gentiana tergestina G. Beck
Convolvulus cantabricus L.
Melampyrum barbatum W. K.
Plantago carinata Schrad.
Knautia rigidiuscula G. Beck (= *K. Fleischmanni* Reich.)
Centaurea leucolepis DC.
C. rupestris L.
C. cristata Bartl.
Senecio lanatus Scop.
Scorzonera villosa Scop.
Sc. austriaca Willd.
Crepis andryaloides Fritsch
u. a. m.

Die bewaldete Voralpenregion, in der Nadelhölzer, insbesondere die Weißtanne (*Abies picea* Bluff. Fing.) und die Fichte (*Picea abies* Karst.) mit ihren Formationen, in welchen zahlreiche Voralpenpflanzen enthalten sind, dominieren, sperrt gewissermaßen die relativ schon spärliche Zahl illyrischer Pflanzen im Poik-Gebiete von jener des Laibacher Beckens ab. Längs der Straße von Loitsch nach Hotederschitz und im Unz-Kessel durchwandert man typische Formationen der mitteleuropäischen Flora, während alle Höhen Voralpenwälder tragen. Auch die Höhen südlich des Laibacher Feldes, auf der sich die Südbahn von Laibach auf die Karsthöhe hinaufwindet, ist von diesen besetzt.

Ein reicheres Auftreten der illyrischen Flora läßt sich nur auf den Triaskalken konstatieren, die sich von Idria und Oberlaibach gegen Bischoflack ziehen. Diese Flora hat namentlich auf den Billichgrazer Dolomitbergen wiederholt die Aufmerksamkeit der Krainer Botaniker[1] auf sich gezogen.

Gegenüber der relativ armen Flora der im Berglande Krains weit verbreiteten Kohlenschiefer erscheint hier die Vegetation pflanzenreich und überdies durch das Vorkommen mancher illyrischen Pflanzenart, wie:

Iris graminea L.
Potentilla carniolica A. Kern.
Daphne Blagayana Frey.
Knautia rigidiuscula G. Beck
u. a.

bemerkenswert. Doch der Artenreichtum der Bergwiesen ist zum großen Teile dem Auftreten vieler Voralpenpflanzen zuzuschreiben; die Wälder bergen die in den Gehölzformationen der südlichen Kalkalpen weit verbreiteten illyrischen Waldpflanzen und das Auftreten lichter Gehölze aus Hopfenbuchen und Mannaeschen in Begleitung von *Rhamnus saxatilis* Jacqu. scheint nach den Schilderungen ein ebenso zerstreutes zu sein wie im oberen Save-Tale.

Man kann demnach meines Erachtens hier in einer pflanzengeographischen Karte wohl ein spezifisches Vorkommen illyrischer Gewächse markieren, nicht aber dieses Gebiet unbedingt der illyrischen Flora zusprechen, da der Prozentsatz letzterer an der Zusammensetzung des Pflanzenwuchses gewiß ein sehr geringer ist.

Näher gerückt erscheint das illyrische Florengebiet dem Save-Tale in Unterkrain, d. h. im südöstlichen Teile Krains. Weinbau, der ja an ein wärmeres Sommerklima gebunden ist, reicht im Gurk-Tale bis St. Martin bei Sagraz und die nördliche Grenze der von Krm (1106 *m*) und vom Javornik (1270 *m*) bei Adelsberg über den Krainer Schneeberg (1796 *m*) zur

[1] K. Deschmann in Laibacher Zeitung (1868), Nr. 82 bis 83 und im Laibacher Wochenbl. vom 22. Mai 1886. — W. Voss, Florenbilder aus den Umgebungen Laibachs, in Jahresber. der Staatsoberrealsch. Laibach, 1889, p. 25.

Kapela ziehenden Voralpenregion dürfte die Linie Auersperg—Töplitz im Gurk-Tale nicht überschreiten. Das von dieser Voralpengrenze gegen die Save reichende Bergland ist mit Misch- und Rotbuchenwäldern bedeckt, in denen die Edelkastanie geradeso wie im benachbarten Kroatien heimisch ist. Diese vielfach zerstückelten Wälder beherbergen neben zerstreuten Voralpengewächsen eine große Anzahl illyrischer Gewächse, die aller Wahrscheinlichkeit von Südosten eingedrungen sind. Hier und nicht über die Karsthöhe scheint mir die Verbindung der illyrischen Gewächse im oberen Save-Tale mit dem Hauptareale des illyrischen Florengebietes, das um Tschernembl und im unteren Gail-Tale über Krain sich erstreckt, bestanden zu haben. Bekräftigt wird dies auch dadurch, daß in der großen Zahl der illyrischen Pflanzen Unterkrains, von denen ich die wichtigsten nachfolgend nach der Literatur und eigenen Aufnahmen aufzähle, fast alle im oberen Save-Tale vorkommenden illyrischen Gewächse enthalten sind.

Illyrische Pflanzen im Berglande Unterkrains außerhalb des illyrischen Florengebietes.

(Sperrdruck gibt hier wie in den weiteren Pflanzenlisten das häufige Vorkommen an.) S. im Save-Tale.

Andropogon ischaemum L.
Oryzopsis virescens G. Beck
S. *Hierochloa australis* R. Sch.
Lilium carniolicum Bernh.
Ornithogalum pyrenaicum L. v. *flavescens* Lam.
Erythronium dens canis L.
S. *Ruscus hypoglossum* L.
S. *Asparagus tenuifolius* Lam.
S. *Castanea sativa* Mill.
S. *Ostrya carpinifolia* Scop.
S. *Aristolochia pallida* Wik.
Dianthus barbatus L.
Stellaria bulbosa Wulf.
Helleborus viridis L.
S. *Ranunculus scutatus* W. K.
S. *Epimedium alpinum* L.
Dentaria enneaphyllos L.
D. trifolia W. K.
D. polyphylla W. K.
S. *Cardamine trifolia* L.
Peltaria alliacea Jacqu
Thlaspi praecox Wulf.
S. *Sedum glaucum* W. K.
S. *Potentilla carniolica* A. Kern.

Aremonia agrimonoides Neck.
Cytisus nigricans L.
S. *C. purpureus* L.
C. supinus L.
C. capitatus Scop.
S. *Genista triangularis* Willd.
S. *G. radiata* Scop.
S. *Coronilla coronata* L.
Galega officinalis L.
Euphorbia polychroma A. Kern.
Eu. carniolica Jacqu.
S. *Cotinus coggygria* Scop.
S. *Euonymus verrucosus* Scop.
S. *Daphne cneorum* L. (illyrisch?)
Hacquetia epipactis DC.
S. *Seselinia austriaca* G. Beck
S. *Peucedanum oreoselinum* L.
S. *Peucedanum austriacum* Koch
S. *Thymus montanus* W. K.
Lithospermum purpureo-coeruleum L.
S. *Fraxinus ornus* L.
Pulmonaria styriaca A. Kern.
S. *Omphalodes vernum* Moench
Digitalis laevigata W. K.
S. *Scopolia carniolica* Jacqu.
S. *Galium Schultesii* Vest.
S. *Aster amellus* L.
Cirsium pannonicum Gaud.
S. *Centaurea scabiosa* L. v. *Fritschii* (Hay.)
C. pannonica Heuff.
S. *Aposoeris foetida* Less.
Chondrilla juncea L.

Weiters läßt auch deren Verbreitung in Steiermark denselben Schluß zu.

Wenn man die von Hayek[1] für Steiermark kartographisch dargestellten nördlichen Vegetationslinien illyrischer Gewächse verfolgt, so läßt deren Verlauf für einige derselben sofort eine Herkunft aus Unterkrain erkennen. Es sind dies

Lilium carniolicum Bernh.
Asparagus tenuifolius Lam.
Ruscus hypoglossum L.
Ranunculus scutatus W. K.
Epimedium alpinum L.
Omphalodes vernum Moench

Ferner erreicht in Steiermark die Mehrzahl der südlichen Florenelemente zugleich mit der Ausbreitung des Kalkbodens an der Linie Windischgraz, Weitenstein, Gonobitz, Pöltschach

[1] A. v. Hayek, Die Verbreitungsgrenze südlicher Florenelemente in Steiermark, in Engl., Bot. Jahrb., XXXVII (1906), 353, Taf. VIII.

ihre Nordgrenze,[1] was auf die gleiche Wanderrichtung schließen läßt. Es sind dies:

Ostrya carpinifolia Scop.[2]	*Aremonia agrimonoides* Neck.
Castanea sativa Lam.	*Cytisus laburnum* L.
Aristolochia pallida Willd.	*C. purpureus* Scop.
Dianthus barbatus L.	*Genista radiata* Scop.
Stellaria bulbosa Wulf.	*G. triangularis* Kit.
Helleborus odorus W. K.	*Medicago carstiensis* Wulf.
Dentaria trifolia W. K.	*Hacquetia epipactis* DC.
Thlaspi praecox Wulf.	*Fraxinus ornus* L.

Man gelangt hierdurch zur Erkenntnis, daß diese Gewächse weder durch das untere Save-Tal, noch durch die Täler der Drau und Mur, also nicht von SE—S aus Kroatien, Steiermark erreichten, sondern von Unterkrain westlich des Uskoken-Gebirges in nordöstlicher Richtung in Steiermark eingewandert und auf Kalkboden bis zum Südfuße des aus krystallinischen Gesteinen aufgebauten Bacher-Gebirges vorgedrungen sind.

Es ist somit nicht unwahrscheinlich, da es sich um kalkliebende Arten handelt, daß zwischen dem Krainer Schneeberg und dem Uskoken-Gebirge der Haupteinbruch der illyrischen Flora nach Krain und die Weiterwanderung derselben nach Norden während einer wärmeren Zeitepoche stattgefunden hat.

Daß aber ins obere Save-Tal eine viel geringere Anzahl illyrischer Pflanzen eingedrungen ist und daß die illyrische Flora schon von Krainburg an talaufwärts nur mehr eine ganz untergeordnete Rolle in der Pflanzendecke spielt, dürfte jedoch noch anderen Gründen zuzuschreiben sein.

Die subalpinen Waldmassen, welche die diluvialen Schottermassen des Save-Tales sowie das angrenzende Hügel- und Bergland bestockten, haben sicherlich das stärkere Eindringen der sonnige und warme Standorte liebenden illyrischen Flora

[1] Hayek, l. c., 368.

[2] Kommt lokalisiert noch in der Weizklamm nordöstlich von Graz vor.

verhindert und die diluvialen Seebecken, welche das Laibacher Moor und wohl auch das Flachland zwischen Krainburg—Stein—Laibach bedeckten, setzten einer solchen Einwanderung, falls sie von Unterkrain aus erfolgte, gewiß erhebliche Hindernisse entgegen. Hierzu kommen noch die schwankenden klimatologischen Verhältnisse, welche in der postglacialen Zeit auf die Verbreitung der einem xerothermischen Klima angepaßten illyrischen Flora bedeutenden Einfluß nahmen, wie noch später erläutert werden wird.

2. Die illyrische Flora im Save-Tale zwischen Laibach und Radmannsdorf.

Die Absicht, der äußersten Verbreitung der illyrischen Gewächse im oberen Save-Tale nachzuspüren, ließ mich die Vegetationsverhältnisse des Save-Tales vom Laibacher Felde bis Radmannsdorf nur so weit kennen lernen, um über das Auftreten und die Verbreitung der illyrischen und alpinen Gewächse im allgemeinen informiert zu sein.

So viel erschien mir nach der flüchtigen Durchstreifung dieses Gebietes jedoch klar, daß in der Ebene und im Hügellande dieses Teiles des Save-Tales die illyrischen Gewächse keine große Rolle spielen. Ausgebreitete und schöne Kulturen bedecken das Flachland, Misch- und Rotföhrenwälder decken auch das Hügelland und die für den Ackerbau ungeeigneten Gehänge. Auf kalkarmem Substrat scheinen die illyrischen Gewächse mit Ausnahme der Waldbewohner wie verschwunden. Hingegen haben sie sich auf den Kalkhügeln zwischen Stein und der Save, auf den kalkreichen Diluvialkonglomeraten, insbesondere auf den trockenen Abbrüchen derselben und auf erdarmen Schotterbänken mit Vorliebe angesiedelt. Die Bodenunterlage bewirkt daher einen starken Kontrast in der Vegetation, der überall bei dem Zusammenstoße von warmem, trockenem Kalkboden und kaltem, feuchtem Schiefer auffällt. Auf ersterem sind die wärmeliebenden illyrischen und die xerophytischen Elemente, daher auch die alpinen Gewächse zu finden; letzterer birgt feuchtere Waldmassen und in den Schluchten, an quelligen Stellen eine große Anzahl von Hydrophyten.

Die Zusammensetzung der Vegetation auf festem Kalkboden ist wohl am raschesten auf dem Großen Gallenberge (Gr.-Kahlenberg, Šmarna gora), welcher sich am linken Ufer der Save nordwestlich von Laibach aus der Ebene bis zu 675 *m* Seehöhe erhebt, zu entnehmen. Geognostisch besteht derselbe aus einem Sockel von Gailtaler und Werfener Schiefern, den Dolomite und Muschelkalke überlagern. Da die Flora dieses als Aussichtspunkt geschätzten Berges gut erforscht ist,[1] wird es nicht schwer, deren floristische Zusammensetzung im allgemeinen zu eruieren. Es finden sich daselbst an Gefäßpflanzen:

Mediterrane Arten	3 = 1·5%			der
Illyrische (und illyrisch-montane Arten).....	53 = 25·6%	27·1%		Gesamtzahl der
Alpine und subalpine Arten	43 = 20·8%	72·9%		Gefäßpflanzenarten
Mitteleuropäische Arten.	108 = 52·1%			

Die Zahl der wärmeliebenden Pflanzen beträgt somit etwas über ein Viertel der Gesamtzahl der daselbst vorkommenden Pflanzenarten und dürfte gewiß noch niedriger zu veranschlagen sein, da in der Literatur über die Flora dieses Berges gewiß manche weit verbreitete mitteleuropäische Pflanze unangeführt blieb.

Der Vollständigkeit halber seien die daselbst vorkommenden Gefäßpflanzen mit Ausnahme der mitteleuropäischen namhaft gemacht.

---

[1] S. Graf, Der Großkahlenberg bei Laibach, in Flora, XX (1837), II. Beibl., 657 ff.; derselbe, Versuch einer gedrängten Zusammenstellung der Vegetationsverh. des Herzogt. Krain, in Linnaea, XI (1837), 267, 275. — W. Voss, Florenbilder aus den Umgeb. Laibachs, in Jahresb. der Staatsoberrealsch. Laibach (1889), 31. — A. Paulin, Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsverh. Krains, 1 bis 4 (1901 bis 1905); derselbe, Die Farne Krains, in Jahresber. des k. k. Staatsgymn. Laibach (1906).

Mediterrane, illyrische und alpine Arten am Gr.-Gallenberge bei Laibach.

A. Mediterran.

Gladiolus communis L. (Ob nicht verkannt?)
Ophrys apifera Huds.
Scandix pecten veneris L.

B. Illyrisch.

Danthonia calycina Reich.
Poa pumila Host
Oryzopsis virescens G. Beck
Carex humilis Leyss.
C. Michelii Host
Erythronium dens canis L.
Lilium carniolicum Bernh.
Ornithogalum pyrenaicum L. v. *flavescens* Lam.
Asparagus tenuifolius Lam.
Narcissus poeticus v. *angustifolius* Herb.
Iris graminea L.
Orchis tridentata Scop.
Castanea sativa Lam.
**Ostrya carpinifolia* Scop.
Dianthus barbatus L.
**Clematis recta* L.
**Helleborus viridis* L.
Aquilegia nigricans Baumg.
Dentaria digitata Lam.
D. enneaphyllos L.
Cardamine trifolia L.
Aremonia agrimonoides Neck.
Cytisus nigricans L.
C. capitatus Scop.
C. hirsutus L.
**C. purpureus* Scop. (illyrisch-montan)
Genista triangularis Willd.
Medicago carstiensis Wulf.
Coronilla coronata L.
Vicia oroboides Wulf. (illyrisch-montan)
Lathyrus variegatus Gren. Godr.
Geranium phaeum L.
Linum viscosum L. (mediterran-illyrisch?)
Dictamnus albus L.
Euphorbia polychroma A. Kern.
Eu. carniolica Jacqu.
**Euonymus verrucosus* Scop.
**Rhamnus saxatilis* Jacqu.
Hacquetia epipactis DC.
Pleurospermum (Hladnikia) golaka Hacqu.
**Peucedanum oreoselinum* L.
**Fraxinus ornus* L.
Gentiana utriculosa L. (illyrisch-montan)
**Omphalodes vernum* Moench
Pulmonaria styriaca A. Kern. (ob illyrisch?)
Lamium orvala L.
Veronica teucrium L.
**Globularia cordifolia* L. (illyrisch-montan)

Lonicera caprifolium L.
Scabiosa Hladnikiana Host (illyrisch-montan)
Campanula bononiensis L.
**Aster amellus* L.
**Aposoeris foetida* Less.

C. Alpin und subalpin.

Phyllitis scolopendrium Hill (= *Scolopendrium vulgare* Sm.)
Aspidium aculeatum Sw.
×*Asplenium viride* Huds.
×*Selaginella helvetica* Link
×*Picea abies* Karst.
×*Sesleria coerulea* Ard.
Veratrum album L.
Tofieldia calyculata Wahl. (arktisch-boreal)
Leucojum vernum L.
Crocus vernus All.
Moehringia muscosa L.
×*Helleborus niger* L. v. *altifolius*
×*Anemone trifolia* L.[1]
Aconitum napellus L. (*A. hians* aut.)
×*Thalictrum aquilegiifolium* L.
×*Biscutella laevigata* L.
×*Saxifraga petraea* L.
Aruncus silvester Kost.
Rosa alpina L.
Astrantia major L.
×*Laserpitium siler* L.
Vaccinium vitis idaea L.
×*Erica carnea* L.
Gentiana asclepiadea L.
×*Calamintha alpina* Lam.
Valeriana tripteris L.
V. sambucifolia Mik.
Campanula thyrsoidea L.
C. caespitosa Scop.
C. pusilla Haenke
Phyteuma betonicifolium Vill.
Senecio alpestris DC.
S. Fuchsii Gmel.
Arnica montana L.
Doronicum austriacum Jacqu.
Homogyne silvestris Cass.
Centaurea montana L.
Cirsium erisithales Scop.
Crepis incarnata Tausch
Hieracium saxatile All.
H. incisum Hoppe
Prenanthes purpurea L.
×*Leontodon incanus* Schrank.

Wie rasch aber die illyrischen Pflanzen im Save-Tale flußaufwärts an Zahl der Arten abnehmen, zeigt schon die interessante Save-Schlucht zwischen Zwischenwässern

[1] Hier auch *Anemone Pittonii (nemorosa × trifolia)*, Glow. in Verh. zool.-bot. Ges., XIX (1869), 901.

(Medvode) und Swile, respektive Flödnig (Smlednik), deren Vegetation gut bekannt ist.[1]

Hier sind die rechtsseitigen Ufergehänge der Save-Schlucht aus steilen, oft unterwühlten Abbrüchen von Nagelfluh und einzelnen Kalkfelsen gebildet, während auf dem linksseitigen Ufer der eocäne Sandstein sanft ansteigt.

Bei einer Durchwanderung derselben konnte ich die vorhin (p. 464–465) mit * bezeichneten illyrischen Arten nebst *Allium ochroleucum* W. K., *Stachys recta* L., *Centaurea scabiosa* v. *Fritschii* (Hayek), *C. carniolica* Host und auch *Loranthus europaeus* L. beobachten. Von Alpinen sah ich außer den früher (p. 465) mit × bezeichneten Arten noch:

Calamagrostis varia Host
Heliosperma glutinosum Reich. (schon von Deschmann 1859 beobachtet; vgl. Derganc in Allg. bot. Zeit. [1903], 124)
Potentilla caulescens L.
Polygala chamaebuxus L.
Viola biflora L.
Peucedanum verticillatum Koch
Rhodothamnus chamaecistus Rchb. (selten, schon Deschmann in Laib. Zeit. [1868], Nr. 80 bis 81)
Salvia glutinosa L.
Veronica latifolia L.
V. lutea Wettst.
Melampyrum silvaticum L.
Alectorolophus angustifolius Gmel.
Pinguicula alpina L.
Knautia silvatica L.
Petasites niveus Baumg.
Aster bellidiastrum Scop.
Hieracium porrifolium L.
H. Dollineri Schultz.

Es sind somit hier innerhalb der mitteleuropäischen Flora 16 illyrische Spezies mit 31 mitteleuropäisch-alpinen Arten vereinigt, also fast doppelt so viel alpine Gewächse als illyrische, während noch am nahen Gr.-Gallenberge die illyrischen Gewächse zu den alpinen sich wie 53 : 43 verhielten.

[1] Vgl. W. Voss, Florenbilder aus den Umgebungen Laibachs, 7. das Save-Tal bei Zwischenwässern, in Jahresber. der Staatsoberrealsch. Laibach (1889), p. 23 bis 25; ferner die florist. Literatur über Krain.

Weiter talaufwärts gegen Krainburg findet sich am Steilufer der Save noch so manche illyrische Pflanze. Deschmann[1] erwähnt hievon

Satureja rupestris Wulf.
(*Calamintha thymifolia* Rchb.)

am rechten Save-Ufer zwischen Podretsche und Mautschitz (Movčiče). Dieselbe Pflanze kommt nach freundlichen Mitteilungen des s. Schulrates Krašan auf den 30 bis 40 *m* über der Save sich erhebenden Nagelfluhblöcken am linken Save-Ufer gegenüber Drulovk unterhalb Krainburg vor. *Fraxinus ornus* L. und *Dianthus monspessulanus* L. (ob nicht *D. Sternbergii* Sieb.?) wachsen am gleichen Ufer der Save an den steilen Uferböschungen bei der Stadt Krainburg, während an jenen der Kanker nach Krašan's Mitteilungen auch *Ostrya carpinifolia* Scop. sich vorfindet, die gegen den Oberlauf des Flusses vorherrscht.

In der Krainburger Ebene stehen überhaupt nach Krašan[2] längs der Save Konglomeratfelsen von echten Kalksteinen und Dioritporphyr an, auf denen im Juli und August schon 14 Tage nach einem ausgiebigen Regen eine derartige Dürre herrscht, daß alle niederen Gewächse verwelken, und diese Gesteine hat sich die illyrische Flora als Siedelpunkte erkoren. Hier macht die Hopfenbuche selbst der geselligen *Calluna* Konkurrenz.

Die illyrischen Gewächse bewohnen aber ebenso gern auch die diluvialen Schotterabhänge und Schotterterrassen, wie in dem von der Save durchschnittenen Hügellande zwischen Krainburg und Radmannsdorf. In diesem Boden siedeln sich mit Vorliebe die Gehölze an. Eichen (besonders *Quercus sessilis* Ehrh.) mit *Fraxinus ornus* L. und *Ostrya carpinifolia* Scop. sind ebenso häufig wie die Rotföhre (*Pinus silvestris* L.) mit der Zitterpappel (*Populus tremula* L.) und der Bergheide (*Erica carnea* L.); auch verwilderte (?) Nußbäume (*Juglans regia* L.) sind gewöhnlich dazwischen zu erblicken.

---

[1] Deschmann in Laibacher Zeitung (1868), Nr. 108. Nach W. Voss.

[2] Krašan, Die Erdwärme als pflanzengeogr. Faktor, in Engler's Botan. Jahrb., II (1881), 235.

Es bilden sich lichte Gehölzformationen aus, die vielfach an die Bergheide Krašan's[1] erinnern, namentlich wenn die Heidekräuter (*Erica carnea* L. und *Calluna vulgaris* Hull) die Überhand gewinnen. An anderen Stellen sieht man auch Buchen und Fichten mit den Karstgehölzen verbrüdert und gewöhnlich erkennt man, daß das Talland von der mitteleuropäischen Flora besiedelt ist, die Gehänge, und zwar vornehmlich die nach S und SE gerichteten, aber den illyrischen Gehölzen zufallen, wiewohl dazwischen wieder reine Fichten- und Rotbuchenwälder erscheinen, die zum Teil wohl einer Aufforstung entsprungen sein dürften. In den auf den Schottermassen ausgebreiteten Wiesen bei Radmannsdorf gegen Lees fiel mir die große Menge von *Genista sagittalis* L. und *Linum narbonense* L. auf.

3. Die illyrische Flora im Tale der Wurzner Save von Radmannsdorf bis Kronau.

Wenn wir von Radmannsdorf, wo die Zungen der Eiszeitgletscher des Save-Tales ihr Ende erreichten, der Wurzner Save folgen, gelangen wir schon dort, wo die Straße von der Eisenbahnstation Veldes-Lees nach Veldes die Save übersetzt, zu einer großartigen, wohl über 10 *km* langen Schlucht, welche die Save 60 bis 100 *m* tief in eine Diluvialterrasse eingefurcht hat und die sich von der genannten Straße bis über Jauerburg (Javornik) hinaus verfolgen läßt. Rechtsseitig stürzt in derselben der Rotweinbach nach Passierung einer sehenswerten Klamm durch eine gleichbeschaffene Schlucht der Save zu, linksseitig haben alle von den Karawanken kommenden Alpenbäche bei Moste, Karner Vellach (Koroška bela), Jauerburg mehr minder tiefe Gräben vor ihrer Einmündung in den Savestrom in den Diluvialschotter eingerissen.

Die Steilufer dieses Schluchtensystems, die aus Konglomeraten und Kalkfelsen bestehen und bei Moste klammartig sich nähern, haben sich überall mit einer ungemein

[1] F. Krašan, Die Bergheide der südöstlichen Kalkalpen, in Engler's Botan. Jahrbücher, IV (1883), 38.

üppigen, lebhaft grünenden Vegetation überzogen, die ein hochinteressantes Gemenge von illyrischen und alpinen Pflanzen innerhalb der mitteleuropäischen Bergflora darstellt.

Mischgehölze und Buschwerke, in der Nähe der Gewässer aus den gewöhnlichen uferbewohnenden Gehölzen bestehend, bedecken die Gehänge und die Ufer, während die Felskuppen, der Kopf der Diluvialschotter, die steileren Abhänge und die Felsgehänge den Kräutern und Stauden eine reichlichere Besiedlung gestatten.

Um die Reichhaltigkeit der daselbst vorkommenden Gewächse zu illustrieren, zähle ich nachfolgend die von mir beobachteten Gewächse auf, denen ich nur wenige Daten aus der floristischen Literatur hinzufügen konnte.

Aufzählung der in den Schluchten des Save-Flusses zwischen der Veldes-Brücke bei Lees (430 *m*) und der Brücke bei Jauerburg (Javornik, 530 *m*), in der Klamm und der Schlucht des Rotweinbaches sowie in den linksseitigen Bachschluchten zwischen Moste und Jauerburg beobachteten Gefäßpflanzen.

a = mitteleuropäisch-alpin
a b = arktisch-boreal
i = illyrisch
i m = illyrisch (montan)
[R] = nur in der Rotweinklamm
[KV] = nur bei Karner Vellach.

Sperrdruck gibt die Häufigkeit an.

Gehölze.

a *Picea abies* Karst.
Abies picea Bluff-Fing.
Pinus silvestris L.
a *P. mughus* Scop. *[KV]*
Juniperus communis L.
a *Salix glabra* Scop. *[KV]*
a *S. grandifolia* Ser.
S. capraea L.
Juglans regia L.
Corylus avellana L.
Fagus silvatica L. einzeln
Carpinus betulus L. eingestreut
Quercus sessilis Ehr. zerstreut
Qu. robur L. einzeln
i *Ostrya carpinifolia* Scop.
Berberis vulgaris L.
a *Rosa pendulina* L.
R. arvensis Huds.
a *Rubus saxatilis* L.

Crataegus monogyna Jacqu.
Amelanchier ovalis Med.
Cotoneaster integerrima Med.
a *Cytisus alpinus* L.
Coronilla emerus L. (nach Engelthaler; auch Paulin, Fl. exs. carn., No. 639)
i *Euonymus verrucosus* Scop.
Acer campestre L.
A. platanoides L.
i *Rhamnus saxatilis* Jacqu.
Tilia platyphyllos Scop.
Tilia cordata Mill. (= *T. ulmifolia* Scop.)
Daphne mezereum L.
Cornus mas L.
C. sanguinea L.
a *Erica carnea* L.
a *Rhododendron hirsutum* L. *[KV]*
a *Rhodothamnus chamaecistus* Reich. [*KV*, auch nach Paulin]
a *Arctostaphylos uva ursi* Spreng.
Ligustrum vulgare L.
i *Fraxinus ornus* L.
a *Lonicera alpigena* L.
Viburnum lantana L.
V. opulus L.

Schlinggewächse.

Clematis vitalba L. in oft armdicken Lianen
a *Clematis alpina* L. [*KV*, auch nach Paulin]

Niederwuchs.

Zahlreiche Moose.
Pteridium aquilinum Kuhn
a *Phyllitis scolopendrium* Hill *[R]*
Asplenium trichomanes L.
A. ruta muraria L.
a *A. viride* Huds.
Aspidium Robertianum Luerss. (= *Phegopteris Robertiana* A. Br.)
a *A. aculeatum* Döll. v. *lobatum*
Aspidium filix mas Sw.
Equisetum silvaticum L.
a *Selaginella helvetica* Link
a *Sesleria coerulea* Ard.
Molinia coerulea Meh.
Melica nutans L.
a *Calamagrostis varia* Host
Brachypodium pinnatum P. B.
Carex flacca Schreb.
i *C. Halleriana* Asso *[KV]*
C. alba Scop.

Carex silvatica Huds.
a C. brachystachys Schrank *[R]*
a C. mucronata All.
Anthericum ramosum L.
i Lilium carniolicum Bernh.
i Asparagus tenuifolius Lam.
ab Tofieldia calyculata Wahl.
Orchis maculatus L.
Listera ovata R. Br.
Platanthera bifolia Reich.
Thesium bavarum Schrank (= *Th. montanum* Ehr.)
Asarum europaeum L.
a Moehringia muscosa L.
i Silene nutans L. v. *livida*
a S. saxifraga L. var. *[R]*
a Dianthus inodorus L.
a(?) Anemone trifolia L.
Hepatica nobilis Mill.
a Pulsatilla alpina Rchb.
Ranunculus lanuginosus L.
R. polyanthemus L. v. *breyninus* G. Beck
a Aquilegia vulgaris L.
Aconitum vulparia Rchb.
a Helleborus niger L., v.
i H. viridis L.
Arabis turrita L.
a A. alpina L. *[R]*
a Lunaria rediviva L. *[R]*
a Kernera saxatilis Rchb.
a Biscutella laevigata L.
a Saxifraga rotundifolia L.
a Saxifraga Hostii Tausch (auch nach Paulin)
a S. cuneifolia L.
a Aruncus silvester Kost.
a Potentilla caulescens L.
a Dryas octopetala L. *[KV]*
Fragaria vesca L.
im Cytisus purpureus Scop.
Genista germanica L.
Anthyllis vulneraria L.
i Coronilla coronata L.
im Hippocrepis comosa L.
Vicia cracca L.
im Lathyrus Scopolii Fritsch *[KV]*
i Geranium phaeum L.
G. Robertianum L.
Oxalis acetosella L.
Polygala vulgare L.
a P. chamaebuxus L.
Euphorbia amygdaloides L.
Mercurialis perennis L.
Viola mirabilis L.
a V. biflora L. *[R]*
i Hacquetia epipactis DC.
Sanicula europaea L.
a Astrantia carniolica Wulf.
i Peucedanum orcoselinum L.
P. cervaria L.
a P. verticillare Koch
Pimpinella magna L.
a Laserpitium siler L.
L. latifolium L. *[R]*

Primula vulgaris Huds. (= *P. acaulis* Jacqu.)
a P. Wulfeniana Schott [*KV* nach Paulin]
Cyclamen europaeum L.
a Gentiana asclepiadea L.
Cynanchum hirundinaria Med.
i Omphalodes verum Mönch
Pulmonaria officinalis L. var.
a Salvia glutinosa L.
Melittis melissophyllum L. v. *alba*
i Lamium orvala L. *[KV]*
L. galeobdolon Crantz
a Stachys alopecurus Benth.
Thymus chamaedrys Fries
a Calamintha alpina Lam.
C. clinopodium Benth.
a Veronica latifolia L.
a V. lutea Wettst.
Melampyrum nemorosum L.
a Euphrasia cuspidata Host (nach Engelthaler als *E. tricuspidata*)
a Pedicularis acaulis Scop.
a Alectorolophus angustifolius Gmel.
a Pinguicula alpina L.
im Globularia cordifolia L.
i Galium Schultesii Vest
G. silvaticum L.
a Asperula aristata L. f.
a Valeriana saxatilis L.
a V. tripteris L.
Knautia silvatica Coult.
Phyteuma orbiculare L.
Campanula rotundifolia L.
C. glomerata L.
a C. thyrsoidea L.
a C. caespitosa Scop.
a Adenostyles Alliariae A. Kern.
a Aster bellidiastrum Scop.
Inula hirta L.
a Buphthalmum salicifolium L.
a Achillea stricta Schleich. (nach Engelthaler als *A. tanacetifolia*)
a Petasites niveus Baumg.
a Homogyne silvestris Cass.
a Senecio sarracenicus L. (= *S. Fuchsii* Gm.)
a Cirsium erisithales Scop.
i C. pannonicum Gaud.
i Centaurea carniolica Host
i C. scabiosa L. v. *Fritschii*
i Aposoeris foetida Cass.
a Crepis incarnata Tausch
a Hieracium porrifolium L.
H. sylvaticum L.
a H. subcaesium Fries
a Prenanthes purpurea L.
a Leontodon incanus L.

Nach dieser Liste, in der bloß die unmittelbar neben den alpinen und illyrischen Gewächsen beobachteten mitteleuropäischen Pflanzenarten Berücksichtigung fanden, ergibt sich folgende prozentige Zusammensetzung der Vegetation der steilen Ufergehänge:

	Arten	Prozente	
Arktisch-boreale Pflanzen	1	0·6	der
Mitteleuropäisch-alpine Pflanzen...	71	40·5	gesamten
Mitteleuropäische Pflanzen	80	45·7	Arten-
Illyrische Pflanzen	23	13·2	zahl

Die wärmeliebenden illyrischen Gewächse stellen sich demnach nur mehr mit 13·2% der Gesamtartenzahl der Gefäßpflanzen der Masse der mitteleuropäischen Flora gegenüber, die (inklusive der einzigen arktisch-borealen Art) 86·8% aller Arten erreicht. Auch der Prozentsatz ihrer Arten im Vergleiche zu demjenigen der alpinen Flora hat sich vermindert. Am Gr.-Gallenberge hatten sie diesbezüglich 55%, bei Zwischenwässern 34%, bei Moste nur mehr 24%; hingegen steigt der Prozentsatz der Alpinen rasch sehr beträchtlich; er betrug im Vergleiche zu jenem der illyrischen Gewächse am Gr.-Gallenberg 45%, bei Zwischenwässern schon 66% und erreicht in den Save-Schluchten bei Moste 76% der Arten beider.

Man sieht hieraus ganz deutlich, wie mit der Annäherung an das Hochgebirge und so mit dem Beginn ungünstigerer klimatischer Verhältnisse allmählich die illyrischen Gewächse verschwinden und die alpinen Pflanzen stärker hervortreten.

Steigt man aus der genannten Save-Schlucht auf die Diluvialschotterterrasse von Dobrawa hinauf, die sich zwischen dem Rotweinbach und der Save in einer Höhenlage von 560 bis 580 *m* ausbreitet, so gelangt man in schöne muldige Bergwiesen, zwischen denen zerstreute Büsche von Eichen, Birken, Hopfenbuchen, Mannaeschen und Haselsträuchen stehen. Die Wiesen zeigen den Charakter der Bergwiesen des Karstes, obwohl nur wenige illyrische Elemente vorherrschen. Ich sah daselbst:

Briza media L.
Agrostis vulgaris With.
Koeleria gracilis Pers.
Avenastrum pubescens Jess.
Molinia coerulea Moench
Brachypodium pinnatum P. B.
Anthericum ramosum L.
Allium violaceum W.
Tofieldia calyculata Wahl.
Gladiolus illyricus Koch
Gymnadenia conopea R. Br.
Gypsophila repens L.! (schon Paulin, Beitr., II, 136)
Biscutella laevigata L.
Filipendula hexapetala Gil.
Trifolium montanum L.
T. rubens L.
Onobrychis Tommasiniana Jord.
Ononis (spinosa L.?)
Coronilla coronata L.
Geranium phaeum L.
Linum hirsutum L.
Linum narbonense L.
Peucedanum oreoselinum L.
Laserpitium latifolium L. (mannshoch)
Gentiana utriculosa L.
Salvia pratensis L.
Veronica spicata L.
Alectorolophus major Wimm. Grab.
A. parviflorus Wallr.
A. angustifolius Heynh.
Orobanche gracilis Sm.
O. lutea Wallr.
Plantago media L.
Galium austriacum Jacqu.
Scabiosa agrestis W. K.
Knautia arvensis Coult.
Cirsium pannonicum Gaud.
Centaurea scabiosa L. v. *Fritschii*
C. jacea L.
C. axillaris W.
Hypochoeris maculata L.

Auffällig ist in diesen Bergwiesen das Vorkommen von *Gypsophila repens* L. und *Biscutella laevigata* L., welche an dieser Stelle einer in früherer Zeit erfolgten Herabschwemmung ihren Siedelplatz verdanken.

Von den daselbst vorkommenden illyrischen Pflanzen konnte ich *Peucedanum oreoselinum* L. und *Coronilla coronata* L. auch noch auf Flußgeschieben bei Mojstrana beobachten.

Da die illyrischen Gewächse warme Lagen bevorzugen, zog es mich zu deren Verfolgung bald zum Südfuße der Karawanken hin, wo ich auch den Höhenanstieg derselben auf einer Exkursion auf den Stol (2239 *m*) näher kennen zu lernen hoffte. Ich konnte feststellen, daß hier eine dem Fuße der

Karawanken eng sich anschmiegende Höhenregion vorhanden sei, in der Hopfenbuchen (*Ostrya carpinifolia* Scop.) und Rotföhren (*Pinus silvestris* L.) vorherrschen und sich mit mancherlei Laubhölzern, wie *Quercus sessilis* Ehr., *Sorbus aria* L., *Fraxinus ornus* L. gesellen. Von weiteren Gehölzen sah ich *Salix glabra* Scop., *Rhamnus saxatilis* Jacqu., *Amelanchier ovalis* Med., *Euonymus verrucosus* L., *Cornus mas* L., *Erica carnea* L. und hie und da eine Rotbuche (*Fagus silvatica* L.). Von Stauden gab es:

Anthericum ramosum L.
Thesium bavarum Schrank
Dianthus inodorus L.
Thalictrum spec.
Geranium sanguineum L.
Peucedanum oreoselinum L.
Laserpitium siler L.
Laserpitium latifolium L.
Vincetoxicum hirundinaria L.
Stachys alopecurus Benth.
Scabiosa agrestis W. K.
Buphthalmum salicifolium L.
Centaurea scabiosa L. v. *Fritschii*

Auf den bröckeligen, sonnseitigen Kalkfelsen und im Kalksande überraschten also hier noch relativ zahlreiche illyrische Gewächse. Die Hopfenbuche und die Mannaesche konnte ich einzeln unter Rotbuchen und Fichten noch bis 800 *m* Seehöhe verfolgen.[1] Die Rotföhren steigen noch höher an, aber bei etwa 900 *m* überwiegt bereits der Rotbuchenwald und bei 1050 *m* sind alle Karstpflanzen verschwunden.

Ich suchte nun diesen Vegetationsgürtel am Südfuße der Karawanken weiter talaufwärts zu verfolgen.

Bei Jauerburg (Javornik) ist derselbe mit gleichen Repräsentanten vertreten, obwohl hier der Buchenwald mit seinen Repräsentanten tiefer herabgreift. Ich konnte darin aber weiter auch

Carex Halleriana Asso
Anemone trifolia L.
Hacquetia epipactis DC.
Lamium orvala L. und
Aposoeris foetida Less.

[1] Nach Paulin, Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsverh. Krains, II, 133 (1902) reicht *Ostrya* in Oberkrain bis 1000 *m* Seehöhe.

mit zahlreicheren Alpinen beobachten und Paulin[1] erwähnt von dort auch *Carex humilis* Leyss. und *C. Michelii* Host. *Fraxinus ornus* L. ist noch so reichlich vorhanden, daß deren Äste das Laubgrün für die Fronleichnamsprozession in Karner Vellach liefern.

Bei Assling hingegen bilden auf der linken Talseite nur mehr Eichen einen schwach ausgeprägten Saum am Fuße der sonnseitigen Berggehänge; darüber und dazwischen drängen sich schon die mit vielen voralpinen Pflanzen bereicherten Formationen der Rotbuche und der Fichte hervor, in denen die illyrischen Gehölze nur mehr sehr zerstreut vorkommen. Wo aber der Kalkfels ansteht und die Vegetation lockert, da sind die illyrischen Gewächse sofort wieder reichlicher vertreten. So sah ich ober Assling bei 850 bis 900 *m* Seehöhe *Ostrya carpinifolia* Scop. und schöne Bäume von *Fraxinus ornus* L., auf Felsen massenhaft *Erica carnea* L. und *Cytisus purpureus* Scop., daneben *Satureja montana* L. und *Globularia cordifolia* L. Überall wuchern dazwischen zahlreiche Alpine und in den Wiesen gegen Alpen (Planina) gibt es im Mai Tausende von Dichternarzissen (*Narcissus poëticus* L.), Scharen von *Primula farinosa* L., *Trollius europaeus* L. und *Lathyrus montanus* Bernh. Man steht also bei Assling schon bei 200 *m* über der Talsohle in der Voralpenregion, von der zahlreiche Vertreter, wie ich später ausführen werde, zu Tal drängen.

Dieser schmale Vegetationssaum, in welchem die illyrischen Gewächse vorkommen, zerstückelt sich talaufwärts noch weiter. Es treten von Lengenfeld an nur mehr Inseln desselben auf und am rechten Talhange, schon auf den nach Norden gerichteten Gehängen der Mrzalka (Jerebikouz, 1583 *m*), verwehren die geschlossenen voralpinen Waldmassen, in denen Rotfichten und Rotbuchen dominieren, jede Besiedlung illyrischer Gewächse.

Bei Lengenfeld sollen zwar auf der Sonnenseite nach Krašan[2] noch der Maulbeerbaum und die echte Kastanie

[1] Paulin, Beiträge zur Kenntnis der Vegetationsverh. Krains, III, 224 und 225 (1904).

[2] Krašan bei A. Kerner in Öst. bot. Zeit. (1893), 116.

gedeihen, mir aber schienen dort selbst die Maisfelder durchaus nicht entsprechend zu geraten. Auf Dolomitfelsen bei Lengenfeld soll nach Krašan (a. a. O.) auch

Ostrya carpinifolia Scop.
Fraxinus ornus L.

ja selbst die zwei mediterranen Arten:

Stachys subcrenata Vis. (m. A. wohl schwerlich und nur eine Form der *St. recta* L. darstellend) und
Galium purpureum L.

mit

Asperula aristata L. f. und
Dianthus inodorus L.

vorkommen; ich konnte jedoch diese Stelle nicht auffinden.

In dem bebuschten Save-Geschiebe zwischen Lengenfeld und Mojstrana, wo sich so viele Voralpen- und Alpenpflanzen vorfinden und auch alljährlich vom Flusse herabgeschwemmt werden, sah ich äußerst wenige illyrische Pflanzen (p. 500). Wohl aber stehen dieselben am Ausgange des Vrata-Tales auf der Kalkfelswand westlich von Mojstrana, mit der der Vrtaski vrh (1899 *m*) seinen gegen Mojstrana vorgeschobenen Rücken endigt. Hier steigt *Ostrya carpinifolia* Scop.[1] und *Fraxinus ornus* L.[1] wohl bis zu 700 bis 800 *m* empor, aber in ihrer Begleitung sind hier doch nur wenige illyrische Pflanzen anzutreffen. Ich sah nur

Cytisus purpureus Scop.
Coronilla vaginalis Lam.
Rhamnus saxatilis Jacqu.
†*Peucedanum oreoselinum* L.
Globularia cordifolia L. mit
†*Amelanchier ovalis* Med. und
†*Cotoneaster integerrima* Med.

[1] Auch schon von Krašan angeführt. Vgl. Krašan, Die Erdwärme als pflanzengeogr. Faktor, in Engler, Bot. Jahrb., II (1881), 235.

Hingegen gedeihen an diesen Felsabstürzen in üppiger Weise eine große Anzahl von alpinen Arten, wie:

Selaginella helvetica Link
†*Sesleria coerulea* Ard.
†*Salix grandifolia* Ser.
†*Moehringia muscosa* L.
Helleborus niger L. v.
†*Biscutella laevigata* L.
†*Kernera saxatilis* Rchb.
Saxifraga incrustata Vest
Rubus saxatilis L.[1]
†*Potentilla caulescens* L.
Polygala chamaebuxus L.
Rhamnus pumila L.
Laserpitium siler L.
†*Primula auricula* L.
†*Erica carnea* L.[1]
Vaccinium vitis idaea L.
†*Arctostaphylos uva ursi* Spreng.[1]
†*Rhododendron hirsutum* L.
Rhodothamnus chamaecistus Reich.
†*Valeriana saxatilis* L.
Campanula thyrsoidea L.[1]
C. caespitosa Scop.
Aster bellidiastrum Scop.
Cirsium erisithales Scop.

Die wenigen illyrischen Gewächse stellen somit gleichsam versprengte Einschlüsse inmitten einer voralpinen und alpinen Vegetation dar, die sich von der Flut derselben unberührt an diesen Felsgehängen erhalten konnten.

In manchen schlechten Wiesen, welche die Felsmuhren bei Lengenfeld mit einem dünnen Rasenteppich überzogen haben, treten *Cytisus purpureus* Scop. und *Geranium phaeum* L. nicht selten auf. Wo jedoch Fichten, Lärchen und Rotbuchen sich massig einstellen, herrscht eine voralpine Vegetation.

Erst am Ausgange des Belča-Tales, wo von steilen, zerrissenen Kalkfelsen weiße Felsmuhren bis zur Save sich vorschieben, zeigen sich wieder die Karstgehölze. *Ostrya carpinifolia* Scop. und *Fraxinus ornus* L., schon von Krašan[2] beobachtet, gedeihen hier üppig bis 300 *m* über der Talsohle und dürften also wohl 800 bis 900 *m* Seehöhe erreichen. Auf den turmartigen Felszinnen, auf jedem Absatze und in allen

[1] Siehe Anmerkung 1 der vorhergehenden Seite.

[2] Krašan, Untersuch. über die Ursachen der Abänd. der Pflanzen, in Engler, Bot. Jahrb., V (1884), 365.

Spalten derselben wuchert *Cytisus purpureus* Scop. mit *Globularia cordifolia* L.; Rotföhren klettern überall empor und verkümmern in dem trockenen Kalkgestein zu krummholzartigen Büschen. *Rhododendron hirsutum* L. und *Rhodothamnus chamaecistus* Rchb.[1] haben sich an anderen Stellen neben den Karstgehölzen angesiedelt. Andere Alpenpflanzen sind auch hier reichlich vertreten. Neben den schon bei Mojstrana beobachteten (p. 477 und 478), mit † bezeichneten sah ich noch:

Pinus mughus Scop. (schon Krašan)
Carex mucronata All.
Salix glabra Scop.
Rumex scutatus L.
Dianthus Sternbergii Sieb.
Dryas octopetala L.
Arctostaphylos uva ursi Spreng. (schon Krašan)
Calamintha alpina Lam. und
Galium anisophyllum Vill.,

von denen viele durch die Steinmuhren bis zur Save herabgeschwemmt werden.

Mit dem weiteren Anstiege des Save-Tales von Lengenfeld an zeigen sich zwar vielfach Rotföhrenbestände, denen sich die Karstgehölze an anderen Orten gern beimengen, hier aber fehlen.

Auch an den sanften Lehnen suchte ich vergebens nach denselben.

Hingegen gelang es mir, die letzten Standorte der Hopfenbuche und der Mannaesche auf den nach Süden abfallenden Kalkfelswänden bei der Sägemühle unter Mitterberg (Srednij vrh) am linken Talhange des Save-Tales bei Wald festzustellen. Sie liegen in einer Seehöhe von 750 bis 800 *m*. Entsprechend der Höhenlage des Standortes gedeihen hier beide Karstgehölze nur als verkrüppelte Sträucher und Bäumchen, die aber noch zur Blüte kommen. Die Hopfenbuche ist viel seltener als die Mannaesche und auch letztere scheint hier in ihren Existenzbedingungen gefährdet, denn ich konnte im Felsschutt unter den Felswänden den an solcher Stelle sonst häufigen Nachwuchs nicht wahrnehmen. Mit diesen beiden

[1] Krašan, Untersuch. über die Ursachen der Abänd. der Pflanzen, in Engler, Bot. Jahrb., V (1884), 365.

Karstgehölzen wachsen hier auch *Silene Hayekiana* Hand.-Maz. et Janch., *Globularia cordifolia* L. und *Veronica fruticulosa* L.

Um Kronau war selbst auf den sonnseitigen Lehnen der linken Talseite von den Karstgehölzen nichts mehr zu sehen, wohl aber sah ich daselbst noch *Globularia cordifolia* L. sowie *Lamium orvala* L. Fleischmann[1] zählt von dort auch *Vicia grandiflora* Scop. sowie *Senecio rupestris* W. K. auf und Paulin[2] gibt auch *Aster amellus* L. an. Auch in den mit Legföhren und Alpenrosen besetzten Felsen am Ausgange des Pischenza-Tales fehlen die Karstgehölze; aber es gelang mir doch noch, zwei wärmeliebende Gewächse daselbst aufzuspüren, nämlich *Brachypodium pinnatum* P. B. und *Peucedanum oreoselinum* L.

Es waren, soweit ich beurteilen konnte, die letzten Posten der illyrischen Flora im Tale der Wurzener Save.

Wenn man nach den vorhergehenden Erläuterungen die Verbreitung der illyrischen Gewächse im oberen Save-Tale vom Laibacherfelde bis zum Ursprunge der Wurzener Save verfolgt, so läßt sich die Verringerung ihres Anteiles an der Vegetation nicht nur, wie es vorher geschah, prozentig bestimmen, sondern auch das Verschwinden der Arten dieser Flora von Stufe zu Stufe leicht verfolgen. Da auf dieser fast 90 *km* langen Strecke des Save-Laufes nur ein relativ geringes Gefälle von etwas über 6 *m* pro Kilometer vorherrscht und eine Erhöhung des Flußbettes von zirka 280 *m* auf 850 *m* erfolgt, kann die alleinige Ursache dieser Erscheinung weder in dieser Bodenerhöhung noch in dem Einflusse der in der Nähe sich auftürmenden Hochgebirge, des Triglav und der Karawanken, erblickt werden, sondern es sind auch hier die Einflüsse der postglacialen Zeit gewesen, welche diese Zerstückelung der illyrischen Flora bewirkten.

Zur Illustration derselben füge ich nach den Literaturangaben und meinen Aufzeichnungen eine Zusammenstellung der äußersten Grenzen einiger illyrischer Pflanzenarten ein,

[1] Fleischmann, Übersicht der Fl. Krains, 91 (1844).

[2] Paulin, Beiträge, III, 275.

die freilich den Anspruch auf Vollständigkeit nicht erheben kann und in vielfacher Hinsicht verbesserungsfähig sein dürfte.

Westliche Grenzen einiger illyrischer Gewächse im oberen Save-Tale.

Es reichen:

bis zum Gr.-Gallenberg:

Oryzopsis virescens G. Beck
Danthonia calycina Rchb.
Iris graminea L.
Cytisus capitatus Scop.
C. falcatus W. K.
Lathyrus variegatus G. G.
Euphorbia polychroma A. Kern.
Pleurospermum golaka Hacqu. (auch noch in den Karawanken)
Scrophularia vernalis L.
Centaurea variegata Lam. (= *C. axillaris* W.);

bis Zwischenwässern:

Allium ochroleucum W. K.;

bis Krainburg:

Anacamptis pyramidalis Rich.
Genista triangularis Kit. (nach Paulin)
Satureja rupestris Wulf.;

bis Radmannsdorf:

Erythronium dens canis L.
Stellaria bulbosa Wulf. (Zois nach Host, Syn. pl., 243 [1797]);

bis Vigaun:

Medicago prostrata Jacqu.
M. carstiensis Wulf. (nach Paulin) und
Odontites lutea Reich.:

bis Dobrava und in die Save-Schlucht bei Moste:

Asparagus tenuifolius L.
Gladiolus illyricus Koch
Silene nutans L. v. *livida*
Onobrychis Tommasiniana Jord.
Linum narbonense L.
Galium Schultesii Vest.
Cirsium pannonicum Gaud.;

bis Jauerburg und Karner Vellach:

Carex Halleriana Asso
C. Michelii Host (nach Paulin)
Carex humilis Leyss. (nach Paulin)
Gagea arvensis Dum.
Dianthus barbatus L.
Cytisus nigricans L.
Centaurea carniolica Host
C. scabiosa v. *Fritschii* (Hayek);

bis Assling:

Thlaspi praecox Wulf. (nach Paulin)
Satureja montana L.;

bis Mojstrana und Lengenfeld:

Castanea sativa Mill.
Aremonia agrimonioides Neck.
Genista sagittalis L.
Euonymus verrucosus Scop.
Geranium phaeum L.
Stachys recta L.;

bis Kronau:

Ostrya carpinifolia Scop.
Cytisus purpureus Scop.
Vicia oroboides Wulf.
V. grandiflora Scop.
Rhamnus saxatilis Jacqu.
Hacquetia epipactis DC.
Peucedanum oreoselinum L.
Fraxinus ornus L.
Lamium orvala L.
Omphalodes vernum Moench
Globularia cordifolia L.
Aster amellus L. (nach Paulin)
Aposoeris foetida Less.

Auch sei erwähnt, daß sich mit den illyrischen Gewächsen noch drei mediterrane Gewächse vorfinden, nämlich:

Cymbalaria muralis Baumg. bei Radmannsdorf
Scrophularia canina L. bei Duplje (nach Šafer) und
Galium purpureum L. bei Lengenfeld (nach Krašan).

Weiters entnehmen wir aus den vorhergehenden Ausführungen ein beachtenswertes Verhalten des schmalen Laubholzsaumes, in dem die Karstgehölze am Fuße der Karawanken vorkommen. Derselbe erreicht

am Südhange der Karawanken:

	eine obere Höhengrenze von	und bei einer Höhenlage der Talsohle von	eine Gürtelhöhe von
bei Moste und Scheraunitz	800—900 *m*	550 *m*	350 *m*
bei Assling	850—900	580	320
an der Belca	850—900	690	210
bei Kronau	—800	750	50

am Fuße des Triglav-Stockes auf der rechten Talseite:

bei Mojstrana	700—800 *m*	650 *m*	150 *m*

Somit ersieht man, daß der die Karstgehölze und die Mehrzahl der illyrischen Gewächse bergende Saum am Südfuße der Karawanken sehr schmal ist und kaum eine Gürtelhöhe von 350 *m* erreicht, die sich weiter talaufwärts rasch vermindert. Da die obere Höhengrenze desselben bei 900 bis 800 *m* Seehöhe liegt, letztere aber schon in der Talsohle bei Kronau erreicht wird, müssen dort auch die illyrischen Gewächse verschwinden.

Die schattige, nach Norden exponierte Lage der rechten Talseite läßt in der geringeren Höhenlage und Lokalisierung der für illyrische Pflanzen geeigneten Besiedlungsstellen deutlich ihren Einfluß entnehmen.

4. Die illyrische Flora um Veldes und in der Wochein.

W. Voss, der um die Flora von Krain sehr verdiente Forscher, hat zuerst[1] ein kurzes Vegetationsbild der Umrandung

[1] W. Voss, Florenbilder aus den Umgebungen Laibachs, 10. Veldes, in Jahresb. der Staatsoberrealschule in Laibach (1889), p. 35 bis 39.

des schönen Veldeser Sees, der »Perle Krains«, sowie der zunächst liegenden Berggehänge entworfen, das den Pflanzenfreund auf einige Einzelheiten aufmerksam machen sollte. Unter Benutzung dieser wertvollen Zusammenstellung und eigener Aufzeichnungen sei eine Übersicht der Verteilung der illyrischen und alpinen Gewächse um den Veldeser See versucht.

Eichen, Hainbuchen (*Carpinus betulus* L.), dazwischen Hopfenbuchen (*Ostrya carpinifolia* Scop.) und Mannaeschen (*Fraxinus ornus* L.), ferner Nußbäume, Linden und Eschen, hie und da auch Rotbuchen und Birken bedecken in vielfach zerstückelten Beständen nicht nur die aus Dolomitkalken aufgebauten Hügel in der Nachbarschaft des Sees und das Hochplateau von Görjach, sondern säumen meist bis zu einer Seehöhe von zirka 800 *m* die dem Triglav gegen Osten vorgelagerten Voralpen. Somit erscheint das ganze Becken des Veldeser Sees von einer schmalen Laubholzregion umrandet und nur vereinzelt reichen einige Vertreter desselben, wie z. B. *Ostrya* bei Kropp und Woch. Vellach und die Mannaesche auf der Ilovca bei Woch. Vellach und ober Kropp bis zu 1000 *m* Seehöhe.[1] Am häufigsten finden sich die Karstgehölze (*Ostrya* und *Ornus*) in dichteren Beständen auf dem sonnseitigen Abhange des Veldeser Schloßberges. Auch sind denselben, wie es die nachfolgende Zusammenstellung erkennen läßt, einige illyrische Stauden beigemengt.

Vegetation der Südostseite des Veldeser Schloßberges (604 *m*).

Literatur: W. Voss, a. a. O., p. 38, und eigene Aufnahmen.

Gehölze.

Gepflanzte Coniferen
Juniperus communis L.
Populus tremula L.
Fagus silvatica L.
i Ostrya carpinifolia Scop.
Quercus robur L.
Qu. sessilis Ehrh.

[1] Nach freundlichen Mitteilungen des Herrn Forstmeisters Dr. Stengel in Veldes.

Carpinus betulus L.
Corylus avellana L.
Ulmus montana With.
Berberis vulgaris L.
a *Rosa pendulina* L.
Prunus padus L.
P. avium L.
Crataegus monogyna Jacqu.
Sorbus aria L.
S. aucuparia L.
Contoneaster integerrima Med.
i *Cytisus laburnum* L.
i *Cytisus supinus* L. (= *capitatus* Scop.)
Genista germanica L.
Euonymus europaeus L.
i *Eu. verrucosus* Scop.
Acer campestre L.
i *Rhamnus saxatilis* Jacqu.
Tilia platyphyllos Scop.
Cornus sanguinea L.
a *Erica carnea* L.
i *Fraxinus ornus* L.
Viburnum lantana L.
Lonicera xylosteum L.

Schling- und Klettergewächse.

Clematis vitalba L.
Astragalus glycyphyllos L.
Hedera helix L.

Niederwuchs.

Melica nutans L.
Milium effusum L.
Festuca heterophylla Lam.
Carex digitata L.
C. montana L.
i *C. humilis* Leyss. (nach Voss)
i *Ornithogalum pyrenaicum* L. v. *flavescens*
Neottia nidus avis L.
Cephalanthera rubra Rich.
C. alba Sim.
Moehringia trinervia Clairv.
Dianthus carthusianorum L.
i *Silene nutans* L. v. *livida*
a *Helleborus niger* L. v. *Hepatica nobilis* Schreb.
Arabis turrita L.
Hesperis matronalis L.
Cardamine impatiens L.
i *Thlaspi praecox* Wulf.
Sedum telephium L.
S. album L.
i *S. glaucum* W. K.
i *Sempervivum tectorum* L.
Geum urbanum L.
Fragaria vesca L.
F. elatior Ehr.
Genista sagittalis L.
Medicago sativa L.
i *M. carstiensis* Wulf. (nach Voss)
Coronilla vaginalis Lam.
Vicia cracca L.
V. silvatica L.
V. hirsuta Koch.

Lathyrus vernus Bernh.
L. niger Bernh.
Geranium sanguineum L.
i G. phaeum L.
Oxalis acetosella L.
Linum viscosum L.
Mercurialis perennis L.
Peucedanum cervaria L.
i (?) P. Schottii Bess. (nach Paulin)
Primula vulgaris Huds.
Cyclamen europaeum L.
a Salvia glutinosa L.
Melittis melissophyllum L.
Lamium galeobdolon Crantz
i L. orvala L.
Calamintha clinopodium Benth.
Veronica chamaedrys L.
Digitalis ambigua Murr.
Galium vernum Scop.
med. G. purpureum L.
Valeriana angustifolia Tausch
Campanula urticifolia L.
C. persicifolia L.
Phyteuma spicatum L. v.
Centaurea rhenana Bor.
Eupatorium cannabinum L.
Lactuca muralis L.
Hieracium silvaticum L.[1]

Aus diesem, wenn auch unvollkommenen Verzeichnisse läßt sich doch entnehmen, daß die illyrischen Gewächse noch mit 17·4% der gesamten Arten an der Vegetation beteiligt sind, während den mitteleuropäischen Gefäßpflanzen noch 78·2% zufallen. Die sehr geringe Anzahl der Alpenpflanzen (vier Arten = 4·3%) bezeugt, daß man sich hier noch in der Bergregion befindet. Doch bietet letztere schon manche für alpine Pflanzen günstige Stellen, namentlich kühlere Felspartien, dar, an denen eine größere Anzahl von voralpinen und alpinen Gewächsen sich erhalten konnte. So finden sich

[1] Fleischmann führt in seiner Übersicht der Flora Krains (1844) um Veldes auch

Helleborus viridis L.
Stellaria bulbosa Wulf.
Moenchia mantica Bartl.
Cerastium silvaticum W. K.
Silene viridiflora L.
Arabis procurrens W. K.
Galega officinalis L.
Vicia villosa Roth
Orlaya grandiflora Hoffm.
Inula germanica L.
Cirsium acaule All.

an, deren Standorte nicht näher bezeichnet werden.

sowohl an den schattenseitigen, kühleren Felsen des Veldeser Schloßberges wie an anderen felsigen Stellen in der Umgebung des Sees:

Phyllitis scolopendrium Hill
Sesleria coerulea Ard.
Tofieldia calyculata Wahl. (boreal)
Saponaria ocymoides L. (nach Fleischmann)
Dianthus inodorus L.
Silene saxifraga L. v.
Moehringia muscosa L.
Aquilegia Sternbergii Rchb. (nach Fleischmann)
Helleborus niger L. v.
Kernera saxatilis Reich.
Sedum dasyphyllum L. (schon von Scopoli beobachtet)
Saxifraga cuneifolia L.
Saxifraga Hostii Tausch
Potentilla caulescens L.
Astrantia carniolica Wulf.
Erica carnea L.
Primula auricula L.
Calamintha alpina Lam.
Veronica latifolia L.
V. fruticulosa L.
Globularia cordifolia L. (illyrisch-montan)
Valeriana tripteris L.
Aster bellidiastrum Scop.
Leontodon incanus Schrank
Crepis incarnata Tausch
u. a.

vor, ohne den Charakter der Vegetation wesentlich zu verändern.

Die genannte Flora der Triaskalke zieht sich nun in das Tal der Wocheiner Save hinein, um sich hier bald mit der voralpinen Flora inniger zu vermengen. Im warmen Talwinkel von Wocheiner Vellach wird noch Wein an den Häusern gezogen und manche wärmeliebende Pflanze hat hier noch einen Standort aufzuweisen. So steht der Perückenbaum (*Cotinus coggygria* Scop.) auf der Osojnica; sowohl *Satureja montana* L. (nach Paulin) als *Peucedanum Schottii* Bess. (vgl. Paulin, Fl. exs. carn., No. 669) finden sich vor.

Aber schon in der Talenge, die durch die Abhänge des Pleša vrh (1331 *m*) von Westen und des Bobin zob (1129 *m*) von Osten her der Wocheiner Save bereitet wird, betritt man eine ausgesprochene Voralpenregion. Rotbuchen und Fichten mehren sich, und wenn auch zwischen denselben noch *Ostrya* und *Fraxinus ornus* zerstreut vorkommen, so ist doch die

eigentümliche, vorhin erläuterte Laubholzflora verschwunden. Über Štenge bis gegen Neuming trifft man in der Talsohle und an den Gehängen eine große Anzahl voralpiner und borealer Gewächse, wie z. B.:

Aspidium lonchitis Sw. (schon Paulin)
A. lobatum Sw.
A. Braunii Spenn. (schon Paulin)
Onoclea struthiopteris Hoffm. (schon Paulin)
Phyllitis scolopendrium Hill.
Selaginella helvetica Link.
Salix glabra Scop.
Moehringia muscosa L.
Aconitum rostratum Bernh.
Aquilegia vulgaris L.
Aruncus silvester Kost.
Saxifraga cuneifolia L.
S. rotundifolia L.
Cytisus alpinus L.
Rhamnus fallax Boiss.
Peucedanum verticillare Koch
Astrantia major L.
Astrantia carniolica Wulf.
Erica carnea L.
Gentiana asclepiadea L.
Salvia glutinosa L.
Calamintha alpina Lam.
Veronica latifolia L.
Alectorolophus angustifolius Gm.
Linnaea borealis L. (nach Mitteil. Dr. K. Ritter v. Keissler's)
Adenostyles alliariae A. Kern.
Petasites niveus Baumg.
Homogyne silvestris Cass.
Aster bellidiastrum Scop.
Doronicum austriacum Jacqu.
Centaurea carniolica Host
Cirsium eriophorum Scop.
C. erisithales Scop.
u. a.,

unter denen sich nur wenige, zum Teil schon von der floristischen Literatur vermerkte illyrische Gewächse hie und da bemerkbar machen, wie:

Genista radiata Scop.
Cytisus supinus L.
Vicia oroboides Wulf.
Euphorbia carniolica Jacqu. (schon Host 1797)
Lamium orvala L.

Dringen wir weiter im Tale der Wocheiner Save vor, so überrascht uns an den sonnseitigen, steinigen Gehängen der Sveteska gegen die Sägemühle und gegenüber Štenge das Auftreten der Schwarzföhre (*Pinus nigra* Arn.); früher standen

zahlreiche Bäume derselben leicht erreichbar am linken Talhange ober der Straße, bevor dieselbe über die erste Save-Brücke auf das rechte Ufer übertritt; der Bahnbau hat jedoch die Bäume, die hier wohl aufgeforstet waren, der Mehrzahl nach vernichtet. Aber das ganze Vorkommen der Schwarzföhre auf den steinigen Abhängen und auf den ansteigenden Felsen der steilen Berglehne deutet sicher auf eine ursprüngliche Ansiedlung hin.

Das erfährt eine Bekräftigung in der Tatsache, daß, sobald man sich der Ortschaft Neuming nähert, die illyrische Flora, zu der ja *Pinus nigra* Arn. gehört, ganz plötzlich in Masse wieder einsetzt und formationsbildend die ganze sonnseitige (linke) steinige und felsige Tallehne bis zum Hügel Na pečeh und selbst noch die Gehänge der Rečevnica nördlich von Wocheiner Feistritz besetzt und erst in einer Höhenlage von 800 *m* dem voralpinen Buchen- und Fichtenwalde das Terrain überläßt. Da zeigt sich nicht nur die Hopfenbuche und die Mannaesche massig im Bestande, sondern auch *Asplenium fissum* Kit., *Satureia montana* L. und das mediterrane *Galium purpureum* L. kommen häufig vor.

Ich stelle im nachfolgenden diese inselförmige, ringsum von Voralpenwäldern umgrenzte Vegetationsformation nach den Literaturangaben und nach ausführlichen eigenen Aufnahmen zusammen.

Vegetation der illyrischen Vegetationsinsel in der Wochein.

Gehölze.

Juniperus communis L.
Corylus avellana L.
Fagus silvatica L.
Quercus sessilis Ehr.
Carpinus betulus L.
i Ostrya carpinifolia Scop.
Berberis vulgaris L.
Rosa spec.
Prunus spinosa L.
a Rubus saxatilis L.
Sorbus aria L.
Amelanchier ovalis Med.
Cytisus nigricans L.
i C. supinus L.
i Genista radiata Scop.
Euonymus europaeus L.
i Eu. verrucosus Scop.

Acer campestre L.
i Rhamnus saxatilis Jacqu.
Rh. cathartica L.
a Rh. fallax Boiss.
Cornus mas L.
Cornus sanguinea L.
a Erica carnea L.
i Fraxinus ornus L.
Ligustrum vulgare L.
Lonicera xylosteum L.

Niederwuchs.

i Asplenium fissum Kit. im Felsschutt. Am Fuße der Rečevnica oberhalb der Straße (Beck), am Abhange des Hügels Na pečeh, an der Straße bei Lepence (vgl. Paulin, Beitr. zur Kenntnis der Vegetationsverh. Krains, I (1901), 4, und Die Farne Krains (1906), 33, in welchen Arbeiten die Angaben von Heufler in Verh. zool.-bot. Ges., IX (1859), 309, Luerssen, Farnpflanzen Deutschl., 238, und Aschers. Graebn., Syn. mitteleurop. Flora, I, 66, verbessert werden).

Asplenium ruta muraria L.
a Sesleria coerulea Ard.
i med. Lasiagrostis calamagrostis Link
Melica nutans L.
M. ciliata L. (schon Scopoli, Fl. carn., ed. II, I, 67 [1772], der die Wochein im Jahre 1762 besuchte)
Koeleria pyramidata Domin (= *K. cristata* aut.)
Bromus erectus L. v.
Phleum phleoides Sm. (= *Ph. Boehmeri* aut.)
Allium carinatum L.
A. senescens L. (schon Scopoli)
a Lilium bulbiferum L.
Anthericum ramosum L.
Polygonatum officinale All.
Thesium bavarum Schrank
a Moehringia muscosa L.
Tunica saxifraga L.
a Silene saxifraga L.
i S. nutans L. v. *livida*
Dianthus monspessulanus L. v.
i D. barbatus L.
Melandrium album Garcke
Hepatica nobilis Schreb.
i (?) *Anemone trifolia* L.
a Aquilegia vulgaris L.
Aconitum vulparia Reich.
a Helleborus niger L. v.

Clematis recta L.
i Thlaspi praecox Wulf.
a Erysimum helveticum DC.
Sedum album (v. *micranthum* DC.?)
Sempervivum hirtum L.
a Saxifraga Hostii Tausch
i S. incrustata Vest
Potentilla opaca L.
i Cytisus supinus L.
i C. purpureus Scop.
Genista germanica L.
Lotus corniculatus L.
Anthyllis vulneraria L. v.
Dorycnium suffruticosum Vill.
i Hippocrepis comosa L.
Geranium sanguineum L.
i (?) Linum narbonense L.
a Polygala chamaebuxus L.
Euphorbia amygdaloides L.
Hypericum montanum L.
Helianthemum obscurum Pers.
i H. grandiflorum DC.
Pimpinella saxifraga L.
i Peucedanum oreoselinum L.
P. austriacum Koch
Palimbia Chabraei DC.
a Laserpitium siler L.
Cyclamen europaeum L.
Gentiana cruciata L.
Vincetoxicum arundinaria Med.
i Omphalodes vernum Mch.
a Salvia glutinosa L.
i Satureja montana L. (vgl. Krašan, Die Erdwärme, in Engl., Bot. Jahrb., II [1881], 236)
a Calamintha alpina Lam.
C. silvatica Bromf.
C. clinopodium Benth.
Origanum vulgare L.
i Thymus ovatus Mill. (= *Th. montanus* W.K.)
Stachys recta L.
a St. alopecurus Benth.
Melittis melissophyllum L. v. *album*
Teucrium montanum L.
a Scrophularia Hoppii Koch
a Veronica fruticulosa L.! (Host, Syn. pl., 6 [1797])
i Verbascum austriacum Schott
Melampyrum pratense L.
a Alectorolophus angustifolius Heynh.
Odontites lutea Reich. (nach Engelthaler in Abh. zool.-bot. Ges., XXIV [1874], 421)
Orobanche gracilis Sm.
i Globularia cordifolia L.
G. Willkommii Nym.
med. Galium purpureum L.
a G. lucidum All.
i G. Schultesii Vest
Asperula cynanchica L.

Scabiosa gramuntia L.
a *Campanula thyrsoidea* L.
C. trachelium L.
a *C. caespitosa* Scop.
i *Aster amellus* L.
Inula hirta L.
I. vulgaris Trev. (= *I. conyza* DC.)
a *Buphthalmum salicifolium* L.
i *Centaurea variegata* Lam.
i *C. scabiosa* L. v. *Fritschii*
a *C. carniolica* Host
Carlina acaulis L.
a *Cirsium eriophorum* Scop.
a *Leontodon incanus* Schrank.

Prüft man nach vorstehender Liste die floristische Zusammensetzung dieser Formation, so stehen die Arten der illyrischen (mit 23%) und die der alpinen Flora (mit 21·4%) in fast gleichem Verhältnisse jenen der mitteleuropäischen Flora (mit 54·5%) gegenüber.

Daß die illyrischen Pflanzen im Wocheiner Tale zwischen Neuming und Feistritz eine sehr günstige Stelle für ihre Erhaltung gefunden haben, ergibt sich auch aus ihrem Verhältnisse zur gesamten mitteleuropäischen Flora. Am Gr.-Gallenberge verhalten sich die mitteleuropäischen (inklusive alpinen) Pflanzenarten zu jenen der illyrischen Flora wie 3 : 1, in der Save-Schlucht bei Moste wie 6·5 : 1, endlich in der Wochein wie 3·3 : 1. Es zeigt sich also an letztgenannter Stelle in einer Höhenlage von 480 bis 800 *m* inmitten der Voralpenregion eine fast ebenso günstige Entwicklung der illyrischen Flora wie am Gr.-Gallenberge bei Laibach in einer Höhenlage von nur 310 bis 675 *m* und inmitten der Bergregion.

Es ist interessant, daß hier auch das Verhältnis zwischen der Zahl der alpinen und jener der illyrischen Pflanzenarten in gleicher Weise sich wiederholt.

	alpine : illyrische Arten
Es beträgt am Gr.-Gallenberge	1 : 1·2
und in der Wochein	1 : 1·1
hingegen bei Zwischenwässern	2 : 1
in der Save-Schlucht bei Moste	3·1 : 1

Auf der rechten Talseite der Wochein, welche die voralpine Fichten- und Rotbuchenformation bekleidet, scheint diese Flora selbst auf den felsigen Abstürzen durchaus nicht so ausgesprochen zu sein und verschwindet mit dem Überwiegen des Voralpenwaldes sowie in der Talweitung bei Feistritz.

Zur Verbreitung der illyrischen Gewächse kann ich noch anführen, daß die beiden Karstgehölze (*Ostrya* und *Ornus*) auf Felsen auch in das Tal gegen Jereka eingreifen, aber bald unter der Masse voralpiner und alpiner Gewächse, unter denen sich hier auch

Dianthus inodorus L.
Clematis alpina L.
Erysimum cheiranthus Pers.
Saxifraga incrustata Vest
Rhamnus pumila L.

neben den weiter verbreiteten vorfinden, verschwinden. Einzeln erreichen sie jedoch ober Koprivnik und in der Örtlichkeit »v prihodu« oberhalb Kerschdorf (Češnica) noch eine Seehöhe von 1000 *m*.[1]

Die letzten Ausstrahlungen der illyrischen Flora reichen in der Wochein bis in das Becken des Wocheiner Sees (526 *m*). Sie lassen sich in ihrer Zerstreuung leicht auf den Hügeln zwischen Feistritz und Steinfeld verfolgen, wo z. B. *Ostrya*, *Ornus* und *Rhamnus saxatilis* Jacqu. in den Buschwerken vorkommen. *Ostrya* sah ich einzeln noch auf den Kalkfelsen um den Wocheiner See.

Am Ende des Wocheiner Tales, d. i. beim Ursprunge der Wocheiner Save (Savica), kommen neben zahlreichen Alpinen,[2] aus deren Zahl z. B.

Aconitum napellus L.
A. paniculatum Lam.
Alchemilla alpina L.
Sibbaldia procumbens L.
Astrantia carniolica Wulf.
Campanula linifolia Scop.

[1] Nach freundlichen Mitteilungen des Herrn Forstmeisters Dr. Stengel in Veldes.

[2] Vgl. H. Engelthaler in Abh. zool.-bot. Ges., XXIV (1874), 417 ff.; Kugy in Öst. bot. Zeit. (1876), 162.

Scabiosa graminifolia L. (schon von Stur in diesen Sitzungsber., XXV (1857), 407, beobachtet)

Adenostyles alpina Bluff Fing.

A. alliariae A. Kern. (schon Fleischmann, 1844)

bemerkenswert sind, auch noch einige illyrische Pflanzen vor, so *Asplenium fissum* Kit (nach Kugy in Öst. bot. Zeit. [1876], 162), die illyrisch-mediterrane *Lasiagrostis calamagrostis* Link., ferner *Lilium carniolicum* Bernh., *Genista radiata* Scop. (nach H. Engelthaler, a. a. O.), *Cotinus coggygria* Scop. (nach Paulin, Beitr., I, 68) sowie *Drypis spinosa* L. (nach Fleischmann, Übers. der Fl. Krains, 130, wenn nicht etwa der Ort Savica bei Woch. Feistritz gemeint ist).

Auch in das Tal von Althammer (Stare Fužine) greifen illyrische Pflanzen bis nach Studorf (Stodrov) ein, wo Ingenieur Krupička[1] nach freundlichen Mitteilungen Prof. Paulin's *Daphne alpina* L., *Peucedanum Schottii* Bess. und *Satureja montana* L. aufgefunden hat.

In der Literatur finde ich auch noch das Vorkommen anderer illyrischer und pontischer Gewächse in der Wochein ohne nähere Bezeichnung des Standortes erwähnt, so von

Carex nitida Host (nach Fleischmann, Übers. der Fl. Krains [1844], 18) und

Alyssum gemonense L. (nach Host, Syn. plant., 363 (1797).

B. Die mitteleuropäisch-alpine Flora.

Die gewaltig sich aufbauenden Hochgebirge, einesteils der Gebirgsstock der Julischen Alpen mit dem Triglav, anderenteils der lange Zug der Karawanken und die Steiner Alpen, lassen es bei der relativen Enge des oberen Save-Tales begreiflich erscheinen, daß nicht nur die deren Gehänge umgürtenden Voralpengewächse, sondern an günstigen Stellen auch zahlreiche Hochalpenpflanzen tief ins Tal reichen.

Wenn schon geschlossene Formationen der ersteren bis zur Talsohle herabziehen, darf es weiter nicht überraschen,

[1] Vgl. Deschmann in Laibacher Tagblatt (1870), Nr. 32.

daß auch zahlreiche Voralpengewächse in der Bergregion des Save-Tales von Veldes und Jauerburg an bis Laibach in der Berg- und Hügelflora eingestreut sind. Es war schon aus der Zusammensetzung der Vegetation des Groß-Gallenberges (p. 464) zu ersehen, daß der Prozentsatz der mitteleuropäisch-alpinen Flora in derselben mit 20·8% der Gesamtzahl der daselbst vorkommenden Gefäßpflanzen eine ansehnliche Höhe erreichte und jenem der illyrischen Flora mit 25·6% nicht erheblich nachstand. Je mehr man sich aber von diesem in das warme Laibacher Becken vorgeschobenen Punkte des Berglandes dem Gebirge nähert, desto auffälliger vermehrt sich die Anzahl der voralpinen Arten, und in den Rotbuchen- und Fichtenwäldern, die sich entlang dem Südhange der Steiner Alpen und Karawanken schon in einer Höhenlage von 800 bis 900 *m* Seehöhe ausbreiten, hat deren Zahl und gesellige Vereinigung eine derartige Verstärkung und Ausprägung erfahren, daß man diese Formationen ohne Bedenken der Voralpenregion zuweisen kann.

Westlich der Save dürfte die untere Höhengrenze der Voralpenregion um den Blegas (1563 *m*) bei Eisnern das Selzach-Tal traversieren und, den Ilovca-Wald (1413 *m*) über Kropp ost- und nordwärts umlaufend, die Wocheiner Save südlich von Wocheiner Vellach erreichen. Von dort reicht sie, in welliger Linie westlich von Görjach den Vorbergen des Triglav sich anschmiegend, nach Assling und verläuft immer am Fuße des Triglav-Stockes weiter durch das obere Save-Tal. Schon zwischen Wald und Kronau vereinigt sich diese untere Höhengrenze der voralpinen Pflanzenformationen mit jener am Fuße der Karawanken verlaufenden, so daß die in das obere Save-Tal in der Talsohle eingeschobene Bergregion zwischen den beiden genannten Orten ein Ende nimmt.

Der Nähe der mit reicher hochalpiner Flora besetzten Hochgebirgsvegetation ist es zuzuschreiben, daß zahlreiche Hochalpenpflanzen selbst in der Talsohle des oberen Save-Tales vorkommen.

Einen Einblick in die Mannigfaltigkeit und den Reichtum derselben erhält man am besten in der Umgebung Kronaus (Krajnska Gora). Hier schwemmt die wilde Pischenza alljährlich

eine stattliche Anzahl von Hochalpenpflanzen an, die sich in ihrem Kiese von einem Hochwasser zum anderen vorübergehend erhalten. Sie stammen wahrscheinlich von den Felsgehängen am Ausgange des Pischenza-Tales und aus der Talschlucht der Mala Pischenza und seien nach meinen Beobachtungen gleich aufgezählt:

Tofieldia calyculata Wahl. (boreal)
Salix glabra Scop.
Rumex scutatus L.
Cerastium carinthiacum Vest
C. strictum L.
Dianthus Sternbergii Sieb.
Kernera saxatilis Reich.
Saxifraga sedoides L.
Dryas octopetala L.
Hippocrepis comosa L. (illyrisch-montan)
Globularia cordifolia L. (illyrisch-montan)
Pinguicula alpina L.
Campanula pusilla Haenke
Petasites niveus Baumg.
Chondrilla prenanthoides Vill.

Das ganz zerstreute und vereinzelte Vorkommen dieser Alpinen läßt nur zu deutlich die Vergänglichkeit ihrer Standorte in dem Wanderkiese des Pischenza-Flußbettes erkennen.

Aber an der Ausmündung des Pischenza-Tales vor Kronau ist andernteils ein so starker Zusammenschluß alpiner Elemente zu beobachten, daß man sich auf der rechten Seite des Talausganges selbst in die Krummholzregion des Hochgebirges versetzt wähnt. Legföhren bekleiden dort in dichten Beständen das felsige Gehänge und die vom Kalkgestein herabziehenden Muhren. Geschlossenes Heidelbeer- und *Erica*-Gestrüpp deckt mit ausgebreiteten *Dryas*-Polstern das Gestein und ausgedehnte *Rhododendron*-Büsche (*Rhododendron hirsutum* L., *Rhodothamnus chamaecistus* Reich.) schmücken sich mit einer Fülle roter Blumen. Sie gedeihen hier prächtig in einer Seehöhe von 800 bis 830 *m*. Dazwischen gibt es eine große Anzahl von Alpenpflanzen, deren Ansiedlung ober der Hochwassergrenze der Pischenza sicher schon in früherer Zeit erfolgt sein muß. Ich beobachtete:

Trisetum argenteum R. Sch.
Sesleria coerulea Ard.
Carex mucronata All.
Tofieldia calyculata Wahl.

Gymnadenia odoratissima Rich.
Salix glabra Scop.
Rumex scutatus L.
Dianthus Sternbergii Sieb.
Cerastium carinthiacum Vest
Moehringia muscosa L.
Heliosperma alpestre Reich.
Helleborus niger L. v.
Kernera saxatilis Reich.
Saxifraga Burseriana L.
Rubus saxatilis L.
Potentilla caulescens L.
Astrantia carniolica Wulf.
Peucedanum raiblense Koch
Euphrasia cuspidata Host
Globularia cordifolia L. (illyrisch-montan)
Pinguicula alpina L.
Scabiosa lucida Vill.
Campanula caespitosa Scop.
C. pusilla Haenke
Valeriana saxatilis L.
Buphthalmum salicifolium L.
Hieracium porrifolium L.

zwischen denen das illyrische *Peucedanum oreoselinum* L. und auch *Brachypodium pinnatum* P. B. gedieh, wie ich schon vorher (p. 480) ausgeführt habe.

Am gegenüberliegenden linken Talhange des Pischenza-Tales, wo Rotbuchen mit Legföhren herabziehen, verstärkt sich die Anzahl der Alpinen noch mit:

Carex capillaris L.
C. ornithopoda W.
Clematis alpina L.
Biscutella laevigata L.
Saxifraga caesia L.
Rhamnus pumila L.
Primula auricula L.
Calamintha alpina Lam.
Salvia glutinosa L.
Stachys alopecurus Benth.
Veronica lutea Wettst.
V. saxatilis L.
Asperula aristata L. f.
Galium pumilum Lam.
Homogyne silvestris Cass.
Hieracium villosum L.

Überall um Kronau zeigen die Kalkfelsen unter 1000 *m* Höhe eine derartig zusammengesetzte Flora, die überhaupt an den Nordgehängen der Julischen Alpen und in kühlen Talschluchten die besten Bedingungen zu ihrem Gedeihen vorfindet. Nur ist die Anzahl der bereits aufgezählten Alpinen an diesem Gehänge eine schwankende und hin und wieder, wie z. B. beim Martulik-Wasserfalle, im kleinen Pischenza-Tale und an anderen Orten wird sie noch weiter vermehrt durch:

Selaginella selaginoides Lk.
Aspidium lonchitis Sm.
Carex firma Host
C. brachystachys Schrank
Heliosperma quadrifidum Rchb.
Arabis pumila Jacqu.
Saxifraga rotundifolia L.
S. incrustata Vest (illyrisch-montan)
S. cuneifolia L.
Rhamnus fallax Boiss.
Laserpitium peucedanoides L.
Gentiana asclepiadea L.
Veronica latifolia L.
Lonicera alpigena L.
Valeriana saxatilis L.
Campanula linifolia Scop.
Aster bellidiastrum Scop.
Adenostyles alliariae A. Kern. u. a.

Die meisten dieser Arten finden sich auch auf den sonnseitig gelegenen Felsgehängen des linken Save-Ufers bei Kronau, wo ich überdies

Silene venosa Asch. v. *alpina*
Silene Hayekiana Hand.-Maz.
Janch.
Laserpitium siler L.
Peucedanum verticillare Koch
Crepis incarnata Tausch und
Leontodon incanus Schrank

antraf.

Interessant ist es, daß die genannte Krummholzformation am Ausgange des Pischenza-Tales auch im Talboden zwischen Kronau und Loog ihre Fortsetzung findet. Schöne Legföhrenbestände stocken hier in älterem Flußgeschiebe am rechten Ufer der Save und leiten ihren Ursprung offenbar aus dem Tale der Pischenza her, welche knapp vorher in die Save einmündet. Diese Bestände sind stark beweidet und dies hat auch die massenhafte Entwicklung eines Halbwuchsdickichtes aus

Juniperus communis L.
Dryas octopetala L.
Cytisus purpureus L.
Polygala chamaebuxus L.
Erica carnea L. und
Globularia cordifolia L.

zur Folge gehabt, in dem ich aber doch noch einige vom Fraße der Weidetiere verschonte Alpenpflanzen, wie *Gymnadenia odoratissima* Rich., *Helleborus niger* L. v., *Gentiana verna* L. und *Pinguicula alpina* L. erspähen konnte.

Einzelne Legföhrenbüsche,[1] die ihre Ansiedlung wohl gelegentlich durch Hochwässer angeschwemmten Zapfen verdanken, konnte ich auch noch weiter talwärts verfolgen, so am linken Ufer der Save vor Mitterberg, in den Save-Auen an der Mündung des Belca-Baches zwischen Kronau und Lengenfeld, reichlicher gedeihen Legföhren noch ober Karner Vellach an den gegen Westen abfallenden Felswänden.

Hingegen tritt die Legföhre nach Krašan[2] am Nordwestfuße des Jerebikouz im Bistrica-Tale bei Mojstrana in einer Seehöhe von 650 bis 700 *m* als förmliches Gehölz in gleicher Weise und an gleichem Hange wie im Pischenza-Tale bei Kronau auf und in ihrer Formation sowie an den nahen Felsabstürzen und deren Muhren findet sich eine große Anzahl von Alpenpflanzen, von denen

Selaginella selaginoides Lk.
Lycopodium annotinum L.
Carex brachystachys Schrank
C. mucronata All.
Salix glabra Scop.
Polygonum viviparum L.
Dianthus Sternbergii Sieb.
Heliosperma alpestre Reich.
Silene saxifraga L.
Arabis pumila Jacqu.
Dryas octopetala L.
Sorbus chamaemespilus Crantz
Arctostaphylos uva ursi Spreng.
Erica carnea L.
Vaccinium vitis idaea L.
Rhododendron hirsutum L.
Rhodothamnus chamaecistus Rchb.
Primula Wulfeniana Schott
Euphrasia cuspidata Host

[1] Bei Feststellung derselben ist große Vorsicht erforderlich, da Rotföhren, vom Weidevieh verbissen, verkrüppeln, ihre Äste auf den Boden legen und so oft täuschend Legföhrenbüsche nachahmen. Krašan in seinen »Untersuchungen über die Ursachen der Abänderung der Pflanzen« (in Engler's Botan. Jahrb., V [1884]) erwähnt einen gedrungenen, zwerghaften, mughusartigen Wuchs nicht nur von Rotföhren, sondern auch vom Wachholder, von der Fichte und Lärche, die er in Muhren am Fuße des Jerebikouz bei Mojstrana in einer Seehöhe von 650 bis 700 *m* mit der Legföhre zusammen beobachtete. Er ist der Ansicht, daß dieser Wuchs die Wirkung eines bis zum Extrem heterothermischen, freigelegenen und daher der völligen Insolation im subalpinen Luftklima ausgesetzten Bodens sei.

[2] Krašan, Untersuchungen über die Ursachen der Abänderung der Pflanzen, in Engler's Botan. Jahrb., V (1884), 356 ff.

Pinguicula alpina L.
Globularia cordifolia L.
Campanula caespitosa Scop.
Valeriana saxatilis L.
Valeriana montana L.
Aster bellidiastrum Scop.
Senecio abrotanifolius L.

aufgezählt seien.

Der Reichtum herabgeschwemmter Alpenpflanzen hält an der Save auch weiter talwärts an. So sah ich in dem bebuschten Save-Geschiebe bei Mojstrana und Lengenfeld, in dem hie und da Weiden (*Salix purpurea* L., *S. incana* Schrank), Grauerlen, Schwarzpappeln, Eschen, Birken, auch Fichten, Rotföhren und zahlreiche Wachholderbüsche gedeihen:

Selaginella helvetica Link.
†*Tofieldia calyculata* Wahl.
†*Rumex scutatus* L.
Heliosperma alpestre Reich.
Cerastium carinthiacum Vest v. *canum* G. Beck
†*Helleborus niger* L. v.
†*Biscutella laevigata* L.
Kernera saxatilis Reich.
Arabis pumila Jacqu.
†*Hippocrepis comosa* L. (illyrisch-montan)
†*Cytisus purpureus* Scop.
†*Polyala chamaebuxus* L.
†*Peucedanum verticillare* Koch
†*Primula farinosa* L. (boreal)
†*Erica carnea* L.
Vaccinium vitis idaea L.
†*Calamintha alpina* Lam.
Linaria alpina L.
Scrophularia Hoppii Koch
Euphrasia cuspidata Host
Campanula caespitosa Scop.
†*Petasites niveus* Baumg.
Aster bellidiastrum Scop.
†*Buphthalmum salicifolium* L.

Von anderen Pflanzen fielen mir auf:

Molinia coerulea Schrank
Convallaria majalis L.
Polygonatum multiflorum All.
Epipactis atripurpurea Raf.
Thesium bavarum Schrank
Aethionema saxatile A. Br.
Rhamnus saxatilis Jacqu.
Polygala amarella Crantz
Cytisus supinus L.
Laserpitium latifolium L.
Peucedanum oreoselinum L.
Pirola rotundifolia L.
Erica carnea L.
Prunella grandiflora L.
Cuscuta trifolii Bab. Gibs.
Pinguicula vulgaris L.
Campanula rotundifolia L.
Hieracium staticefolium L.
H. saxatile Jacqu.

Auch hier handelt es sich um periodisch herabgeschwemmte alpine Arten, die sich um so länger an Ort und Stelle halten und zu einer geschlossenen Vegetationsdecke zusammenschließen, je länger ihre Standorte von Überschwemmungen verschont bleiben. Hat sich aber dann genügend Humus gebildet, so sind die meisten Arten in der geschlossenen und höheren Grasdecke der Talwiese bald verschwunden und andere Arten, wie *Veratrum album* L., *Melandryum rubrum* Garcke, *Trollius europaeus* L., *Arabis Halleri* L., treten an ihre Stelle.

Auf einem von kaltem Quellwasser durchrieselten Wiesenmoore bei Lengenfeld sah Krašan[1] auch

Selaginella selaginoides Lk.
Parnassia palustris L.
Astrantia carniolica Wulf.
Primula farinosa L.
Pinguicula alpina L. und
Adenostyles glaber DC.

Ich habe das Vorkommen der alpinen Arten im Geschiebe, in den Auen sowie in der Weiden- und Erlenformation am Ufer der Save auch noch weiter verfolgt.

In den Auen und im Geschiebe der Save bei Jauerburg und Karner Vellach kommen außer den mit † auf p. 500 angeführten Arten, die zum Teil sehr häufig auftraten, noch

Carex ornithopoda W.
Gypsophila repens L.[2]
Saxifraga caesia L.[2]
S. aizoides L.[2]
Arctostaphylos uva ursi Spreng.
Primula Wulfeniana Schott am Bela-Ufer bei Karner Vellach (V. Plemel 1858 nach Derganc, Geogr. Verbr. von *Prim. Wulfeniana*, in Allg. bot. Zeit. [1904], 77)
Globularia cordifolia L.
Campanula linifolia Scop.
C. Zoisii Wulf. (nach V. Plemel 1858; vgl. Derganc, Geogr. Verbr. von *Camp. Zoisii*, in Allg. bot. Zeit. [1903], 27)
Crepis incarnata Tausch.
Chondrilla prenanthoides Vill.[2]
Leontodon incanus Schrank

vor.

[1] Krašan, Untersuchungen über die Abänderung der Pflanzen, in Engler's Botan. Jahrb., V (1884), 379.

[2] Schon von Paulin in seinen Beiträgen zur Kenntnis der Vegetationsverh. Krains angegeben.

Alsine austriaca M. K. reicht nach Paulin[1] bis nach Radmannsdorf.

Bei Zwischenwässern sah ich im Save-Schotter noch *Aethionema saxatile* R. Br., *Scrophularia Hoppii* Koch sowie *Centaurea carniolica* Host, während Paulin auch noch *Kernera saxatilis* A. Br., *Gypsophila repens* L., *Gentiana utriculosa* L. und *Rhodothamnus chamaecistus* Reich. feststellte. Überhaupt finden sich nach Graf[2] *Aethionema saxatile* A. Br., *Silene venosa* Asch. v. *alpina*, *Pinguicula alpina* L., *Scrophularia Hoppii* Koch (gewiß nicht *S. canina* L., wie angegeben) und *Chondrilla prenanthoides* Vill. häufig im Gerölle des Save-Stromes, und schon Scopoli[3] erwähnt, daß *Linaria alpina* L. durch die Save öfters zu Tal getragen wird.

Noch bei Černuče und Ježica bei 300 *m* Seehöhe finden sich:

Selaginella helvetica Link.
Carex ornithopoda W.
Coeloglossum viride Hartm. (nach Paulin)
Gypsophila repens L. (schon Paulin)
Peucedanum verticillare Koch (schon Paulin)
Epilobium Dodonaei Vill.
Scrophularia Hoppii Koch
Pinguicula alpina L. (schon Paulin)
Campanula caespitosa Scop.
Petasites niveus Baumg.
Centaurea carniolica Host und
Chondrilla prenanthoides Vill. (schon Paulin)

Fleischmann[4] erwähnt an der Save bei Stožice und Tomatschou *Aethionema saxatile* R. Br., *Aquilegia Sternbergii* Rchb., *Chondrilla prenanthoides* Vill. und noch weiter talwärts beobachtete J. Šafer[5] *Saxifraga tenella* Wulf. bei St. Jakob an der Save.

Anders gestaltet sind jedoch die Standorte der alpinen Gewächse an den aus Nagelfluh, Kalkschotter und Kalkfelsen bestehenden Steilufern der Save, welche den Fluß von Jauer-

[1] Paulin, a. a. O., II, 143.
[2] Graf in Linnaea, XI (1837), 274.
[3] Scopoli, Fl. carn., ed. II, I, 442 (1772).
[4] Fleischmann, Übersicht der Fl. Krains (1844).
[5] Nach freundlicher Mitteilung des Herrn L. Derganc.

burg an talwärts begleiten. Die zahlreichen Alpenpflanzen, welche vorher (p. 469 ff.) aus der Save-Schlucht zwischen Jauerburg und der Veldes-Brücke bei Lees aufgezählt wurden, verdanken ihre Ansiedlung nicht einer rezenten Anschwemmung ihrer Keime, sondern jener einer früheren Zeitperiode, in welcher die Save noch kein so tiefes Bett in die Schottermassen eingerissen hatte und in der die Schneegrenze bedeutend tiefer liegen mußte als gegenwärtig. In der Würmeiszeit, in der das obere Save-Tal von Gletschermassen bedeckt war, die ihre Endmoränen über Radmannsdorf hinaus vorschoben, konnten sie an den gegenwärtigen Standorten ober Radmannsdorf nicht gedeihen.[1] Ihr Vorkommen in der Talsohle der Wurzener und Wocheiner Save war bei Berücksichtigung der Lage der Schneegrenze in der postglacialen Zeit überhaupt erst in einer Zeitepoche ermöglicht, die zur Gegenwart hinführte und in welcher die Talgletscher des Save-Tales sich zurückgezogen hatten, was erst nach dem Bühlstadium stattfand. Wahrscheinlich erfolgte die Ansiedlung im Gschnitz- oder Daunstadium und auf der Strecke von Radmannsdorf bis Zwischenwässern schon zur Würmeiszeit.

Wie sich diese alpinen Relikte in der warmen (xerothermischen) Interstadialzeit zwischen dem Gschnitz- und Daunstadium verhielten, in welchem die Schneegrenze höher als gegenwärtig lag, läßt sich nur vermuten. Sie dürften sich damals ebenso, wie wir es heute noch an den Steilufern des Isonzo in dem bedeutend wärmeren Görzerbecken sehen, unter ähnlichen Bedingungen erhalten haben. Es gewinnt dies durch die große Anzahl übereinstimmender Arten[2] an Wahrscheinlichkeit, da 25 alpine Gewächse an den Steilufern des Isonzo bei Görz wie an jenen der Save vorkommen.

Jedenfalls ist die Verdrängung der alpinen Gewächse aus der Sohle des Save-Tales auch in der Gegenwart, wo sich die Schneegrenze bis zu 2600 *m* in den Julischen Alpen zurückgezogen hat, keine weitgehende geworden. Es bezeugen

[1] Vgl. G. v. Beck, Die Vegetation der letzten Interglacialperiode in den österr. Alpen, in Lotos, LVI (1908), Nr. 3 und 4.

[2] Vgl. Beck, Vegetationsstudien in den Ostalpen, I, diese Sitzungsber., CXVI, 1458.

dies nicht nur die schon vorher erwähnten Alpenpflanzen, die überall mit den illyrischen Gewächsen den Standort teilen, sondern auch die felsigen Vorhügel der Karawanken, auf denen zahlreiche Alpenpflanzen zum Teil an der Sonnenseite gedeihen und die Talsohle erreichen. Besonders schön kann man dies auf dem schmalen Rücken Na pečeh sehen, der sich zwischen Vigaun und Moste bei Scherounitz erstreckt, allmählich von Westen gegen Osten bis über 1100 *m* ansteigt und von der Eisenbahn knapp vor Moste mittels eines kleinen Tunnels durchbrochen wird. Dieser Bergrücken beherbergt selbst in seinem unteren, 100 bis 300 *m* über die Ebene sich erhebenden Teile bei 580 bis 700 *m* Seehöhe eine große Anzahl alpiner Gewächse. Auf der Nordseite stehen *Ostrya carpinifolia* Scop., *Fraxinus ornus* L., *Quercus lanuginosa* Lam., mitten in schönen Beständen von *Rhododendron hirsutum* L., welch letztere jedoch auf dem Kamme gegen die Südseite sofort scharf abschneiden. *Galium purpureum* L., *Sempervivum hirsutum* L., *Cytisus purpureus* Scop. finden sich unter reichlich auftretenden Alpinen, wie:

Sesleria coerulea Ard.
Salix grandifolia Ser.
Moehringia muscosa L.
Silene saxifraga L. v.
Helleborus niger L. v.
Erysimum cheiranthus Pers.
Saxifraga incrustata Vest
Rubus saxatilis L.
Potentilla caulescens L.
Laserpitium siler L.
Erica carnea L.
Primula auricula L.
Calamintha alpina Lam.
Stachys alopecurus Benth.
Veronica latifolia L.
Globularia cordifolia L. (illyrisch-montan)
Valeriana saxatilis L.
V. tripteris L.
Aster bellidiastrum Scop.
Cirsium erisithales Scop.

und zahlreichen anderen voralpinen Gewächsen.

Die große Zahl alpiner Gewächse in den Schluchten der Save und des Rotweinbaches zwischen Jauerburg und der Veldes-Brücke, welche vorhin p. 469 ff. aufgezählt wurden, sind ebenfalls älterer Besiedlung. Sowie die Steilufer gegen Radmannsdorf verschwinden, verlieren sie sich wieder. Hingegen

sind viele derselben erneuert an den Ufern zwischen Radmannsdorf und Krainburg zu finden, auf welcher Strecke die Save hügeliges Terrain durchwindet. Bei Duplje und Podnart, wo die aus den Karawanken kommende Feistritz einmündet, kommen nach J. Šafer[1] z. B. noch

Phyllitis scolopendrium Hill
Selaginella helvetica Lk.
Lycopodium complanatum L.
Thesium alpinum L.
Silene saxifraga L.
Heliosperma alpestre Reich.
Lunaria rediviva L.
Vicia oroboides Wulf.
Rhamnus fallax Boiss.
Peucedanum verticillare Koch
Pirola uniflora L.
Vaccinium vitis idaea L.
Veronica latifolia L.
Petasites niveus Baumg.
Senecio Fuchsii Gmel.
Crepis incarnata Tausch

u. a. m. vor.

Die Stadt Krainburg steht auf einem Rücken, dessen zur Save und Kanker abfallende Nagelfluhflanken

Heliosperma glutinosum Reich. (v. Zois 1841, vgl. Derganc, Geogr. Verbr. des *Heliosp. glutinosum*, in Allg. bot. Zeit. [1903], 124)[2]
Saxifraga petraea L. (schon Host, Syn. pl., 231 [1797])
Veronica lutea Wettst.

beherbergen.

Bei Drulouk südlich von Krainburg beherbergen die Nagelfluhfelsen am rechten Ufer der Save in einer Seehöhe von 400 *m* sogar Edelweiß (*Leontopodium alpinum* Cass.), das dort von Deschmann[3] zuerst entdeckt wurde. Nach Krašan[4] kann man es dort in Menge sehen, wenn es auch gewöhnlich nicht leicht zu erreichen ist. Die Pflanze ist aber nicht so

[1] Ich verdanke die Mitteilungen Herrn L. Derganc in Wien.

[2] Hierzu gehört wohl auch die auf Felsen in Krainburg von Fleischmann (Übers. der Fl. Krains, p. 130) angegebene illyrisch-montane *Silene pusilla* W. K.

[3] Deschmann in Laibacher Zeit. (1868), Nr. 80 bis 81.

[4] Krašan, Zur Stammesgeschichte der autochthonen Pflanzenarten, in Mitteil. naturw. Vereines für Steierm. (1896), 30.

schön wie im Hochgebirge, sondern schmächtig, mehr graugrün als weißwollig; auch bei Mautschitz (Movčiče) kommt die Pflanze an gleichen Stellen vor. *Heliosperma glutinosum* Reich. wächst nach Kraš an ebenfalls auf den Nagelfluhfelsen zwischen Krainburg und Drulouk.

Der im Defilé zwischen Flödnig (Smlednik) und Zwischenwässern (Medvode) und der auf dem Gr.-Gallenberge vorkommenden Alpinen wurde bereits (p. 466) Erwähnung getan.

Auf den am linken Ufer der Save bei Tschernutsch (Černuče) gelegenen Hügeln sah ich nur weit verbreitete Voralpenpflanzen, wie *Aruncus silvester* Kost., *Gentiana asclepiadea* L., *Salvia glutinosa* L. u. a.

Schließlich sei es mir gestattet, die Aufmerksamkeit noch auf eine Tatsache zu lenken, die ich nur anhangsweise berücksichtigen will, welche aber als sehr auffällig vielfach vermerkt worden ist, nämlich daß sich so viele Alpenpflanzen wieder im Save-Tale zwischen Sawa und Ratschach vorfinden, nachdem der Fluß das warme Laibacher Becken durchflossen hat. Insbesondere ist dies am rechten Save-Ufer an den gegen Norden gerichteten Talgehängen gegenüber der Eisenbahnstation Sagor bis Steinbrück bemerkenswert. Dort fand schon Deschmann[1] in dem bei Prusnik gegenüber von Sagor ins Save-Tal mündenden Sklendrovac-Graben *Rhododendron hirsutum* L. Nach Paulin[2] ziert hier die Alpenrose mit anderen alpinen und subalpinen Gewächsen, wie

Botrychium lunaria Sw.
Trisetum distichophyllum P. B.
Carex mucronata All.
Alsine laricifolia Wahl.
Arabis alpina L.
Saxifraga cuneifolia L.
S. tenella Wulf.
Astrantia carniolica Wulf.
Campanula thyrsoidea L.

in einer Höhe von 400 *m* abwärts die knapp am Ufer sich erhebenden nordöstlichen Gehänge des Dobovec und des dem

[1] Deschmann in Laibacher Zeit. (1868), p. 80 und 81.

[2] Paulin, Beitr. zur Kenntnis der Vegetationsverh. Krains, I (1901), 79 bis 80.

Nordfuße des Kum-Berges vorgelagerten Höhenzuges Podkraj. Der letztgenannte Standort der Alpenrose, in einer Seehöhe von 250 *m* gelegen, ist der tiefst gelegene und östlichste in Krain.

Mit den genannten Pflanzen ist jedoch die Anzahl der Alpinen lange nicht erschöpft. Ich beobachtete weiter auf dem rechten Talhange:

(* bereits in der Literatur erwähnt, ° ebenso, aber von mir nicht beobachtet)

Phyllites scolopendrium Hill
Selaginella helvetica Link
**Aspidium aculeatum* Sw.
Asplenium viride Huds.
Sesleria coerulea Ard.
Salix grandifolia Ser.
Silene saxifraga L. v.
**Dianthus inodorus* L.
**Moehringia muscosa* L.
**Heliosperma glutinosum* Reich. (beim Mitala-Wasserfalle schon Deschmann 1859, bei Trifail Graf 1867; vgl. Derganc, Geogr. Verbr. der *Hel. glutinosum* in Allg. bot. Zeit. [1903], 124)
Melandryum rubrum Garcke
Aquilegia vulgaris L.
Helleborus niger L. v.
Arabis alpina L.
Biscutella laevigata L.
Aruncus silvester Kost.
°*Saxifraga petraea* L.
**Potentilla caulescens* L.
Polygala chamaebuxus L.
Laserpitium siler L.
Astrantia carinthiaca Hoppe v. *pallida* Presl
**Peucedanum verticillare* Koch
Erica carnea L.
°*Primula auricula* L.
**Gentiana asclepiadea* L.
Salvia glutinosa L.
Veronica lutea Wettst.
V. latifolia L.
Verbascum nigrum L.
Pinguicula alpina L.
Globularia cordifolia L. (illyrisch-montan)
Asperula aristata L. f.
Valeriana tripteris L.
V. saxatilis L.
Campanula caespitosa Scop.
Cirsium erisithales Scop.
Petasites niveus Baumg.
Leontodon incanus Schrank
Hieracium Dollineri Schultz
Buphthalmum salicifolium L.

Mit dieser erheblichen Zahl mitteleuropäisch-alpiner Pflanzen ist auch hier wieder eine große Schar illyrischer Gewächse gesellig vereint. Sie wurden früher bei Aufzählung

der in Unterkrain vorkommenden illyrischen Pflanzen p. 459 durch ein S. bezeichnet. Auch die mediterrane *Cymbalaria muralis* Baumg. konnte ich dort beobachten.

Der Herkunft der illyrischen Gewächse in diesem Teile Krains wurde schon gedacht. Die voralpinen und alpinen Elemente an den Gehängen des Save-Tales sind wie jene in den Schluchten des oberen Save-Tales aus älterer und gleichzeitiger Besiedlung hervorgegangen und haben sich bis zur Jetztzeit daselbst erhalten; nur können wir annehmen, daß hier von den näher liegenden Sanntaler (Steiner) Alpen die Besiedlung des Berglandes zwischen der Sann und der Save (Watschberge, Velka Planina 1206 *m*) und des südlich der Save zwischen der Save und dem Neuring-Flusse liegenden Unterkrainer Berg- und Hügellandes, das sich im Kumberge bis 1219 *m* Seehöhe erhebt, mit mitteleuropäisch-alpinen Elementen erfolgte.

Die wichtigsten pflanzengeographischen Ergebnisse dieser Vegetationsstudien im oberen Save-Tale lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Die Einwanderung der illyrischen Gewächse in das Save-Tal Krains erfolgte aus dem geschlossenen illyrischen Florengebiete wahrscheinlich zwischen dem Uskoken-Gebirge und dem Krainer Schneeberge nach Unterkrain und von hier aus in das obere Save-Tal. Aus Unterkrain scheint auch die Weiterwanderung der meisten illyrischen Gewächse nach Steiermark und weiter nach Norden während einer warmen Zeitperiode stattgefunden zu haben.

2. Während am Gr.-Gallenberge bei Laibach die illyrischen Gefäßpflanzen mit 25·6% an der Zusammensetzung der gesamten Artenanzahl der Gefäßpflanzen Anteil nehmen, vermindern sie talaufwärts rasch ihre Artenzahl und bevorzugen warme Standorte auf Kalkfelsen und diluvialen Schottermassen. In den Save-Schluchten zwischen Jauerburg und der Veldes-Brücke bei Lees ist ihre Zahl bereits auf 13·2% gesunken.

3. In dem Maße, als die illyrischen Pflanzenarten im Save-Tale talaufwärts staffelförmig verschwinden, vermehren sich die voralpinen und alpinen Gewächse; die illyrischen Gewächse verschwinden innerhalb der Voralpenvegetation in einer Seehöhe von 800 bis 1000 *m*.

4. Die Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia* Scop.) und die Mannaesche (*Fraxinus ornus* L.) besitzen ihre letzten Standorte am linken Talgehänge der Wurzner Save bei Kronau in einer Seehöhe von 750 bis 800 *m*.

5. Am Südsaume der Karawanken ist ein schmaler, kaum 350 *m* Gürtelbreite erreichender Saum illyrischer Pflanzen vorhanden, dessen obere Höhengrenze bei 900 bis 800 *m* Seehöhe liegt. Derselbe vermindert von Scherounitz talaufwärts seine Breite, zerstückelt sich inselförmig und verschwindet bei Kronau, wo die Sohle des Save-Tales die genannte Seehöhe erreicht.

6. Am Nordhange des Triglavstockes kann man illyrische Gewächse nur am Ausgange des Vrata-Tales westlich von Mojstrana in reichlicher Menge beobachten.

7. Auf dem Veldeser Schloßberge nehmen die illyrischen Gewächse noch mit 17·4% der Gesamtartenzahl der Gefäßpflanzen an der Vegetation Anteil.

8. Hingegen verdichten sie sich am linken Talhange der Wochein zwischen Neuming und Feistritz inmitten einer voralpinen Vegetation inselförmig zu einer Karstgehölzformation, in der noch 23% der Gefäßpflanzen der illyrischen Flora angehören.

9. Es zeigt sich an dieser Stelle in einer Höhenlage von 480 bis 800 *m* inmitten der Voralpenregion eine ebenso günstige Entwicklung der illyrischen Flora wie am Gr.-Gallenberge bei Laibach in einer Höhenlage von 310 bis 675 *m* inmitten der Bergregion der Vegetation.

10. Zerstreute illyrische Gewächse reichen noch bis zum Ursprung der Wocheiner Save (Savica).

11. Die isolierten Standorte der illyrischen Flora von Radmannsdorf talaufwärts sind Relikte eines Vorstoßes der illyrischen Flora, welcher während der xerothermischen postglacialen Periode zwischen dem Gschnitz- und Daunstadium

erfolgte. Auch hier zeigen sich die illyrischen Gewächse stets in Gesellschaft einer mitteleuropäisch-alpinen Vegetation und offenbaren unter den gegenwärtigen Verhältnissen kein Wandervermögen.

12. Die Vegetation der Bergregion des oberen Save-Tales enthält eine erhebliche Anzahl von Voralpen- und Alpenpflanzen. Am Gr.-Gallenberge erreichen letztere 43 Arten = 20·8% der Gesamtzahl der Gefäßpflanzen.

13. In dem Save-Defilee zwischen Zwischenwässern und Flödning gedeihen 31, in den Save-Schluchten zwischen der Veldes-Brücke bei Lees und Jauerburg 71 Voralpen- und Alpenpflanzen; das sind an letzter Stelle 40·5% der Gesamtartenzahl der Gefäßpflanzen. Ihre Ansiedlung erfolgte in einer kühleren Periode der postglacialen Zeitepoche, unterhalb Radmannsdorf wohl auch schon in der Würmeiszeit.

14. Die warme (xerothermische) Interstadialzeit zwischen dem Gschnitz- und Daunstadium dürften sie ebenso wie die mitteleuropäisch-alpinen Gewächse an den Steilufern des Isonzo im warmen Görzer Becken an Ort und Stelle überdauert haben.

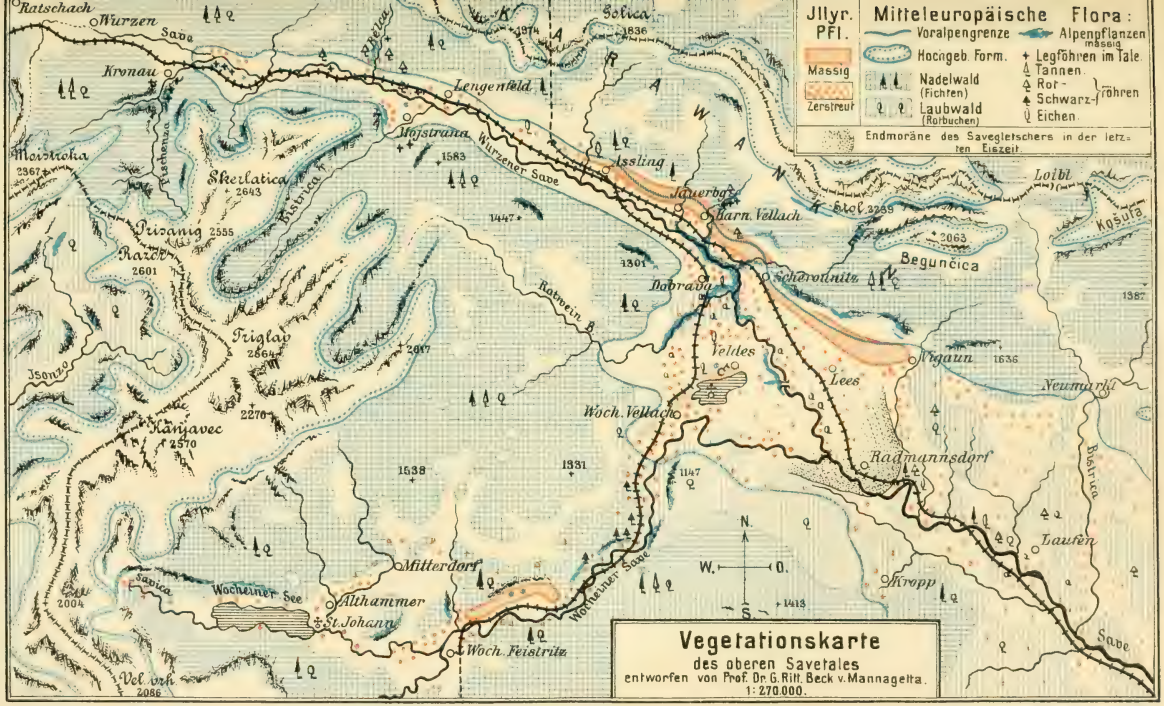
15. Die Verdrängung der Alpengewächse aus der Sohle des Save-Tales ist auch in der Gegenwart, wo sich die Schneegrenze in den Julischen Alpen bereits bis zu 2600 *m* Seehöhe zurückgezogen hat, noch keine sehr weitgehende geworden.

16. Einer jährlich sich wiederholenden Anschwemmung von Keimen verdanken im Flußgeschiebe der Save von Mojstrana talwärts 23 Voralpen- und Alpenpflanzen ihre Ansiedlung. Manche derselben werden weit herabgeschwemmt; so trifft man bei Černuče und Ježica im Laibacher Felde noch 11 Arten im Flußgeschiebe an.

17. Die untere Höhengrenze der Voralpenregion, gekennzeichnet durch das massige und gesellige Vorkommen zahlreicher Voralpenpflanzen, verläuft gegenwärtig um den Blegas bei Eisnern und den Ilovca-Wald über Kropp nach Woch. Vellach, sodann um die östlichen und nördlichen Vorberge des Triglav in das Tal der Wurzner Save, wo sie sich mit jener der Karawanken zwischen Wald und Kronau vereinigt.

18. Die Kalkfelsen unter 1000 *m* Seehöhe zeigen überall im oberen Save-Tale von Kronau bis Moste zahlreiche alpine Pflanzen, insbesondere bei Karner Vellach und Scherounitz.

19. Auch die Krummholz (*Pinus mughus*)-Formation ist am Ausgange des Pischenza-Tales nächst Kronau bei 800 bis 830 *m*, im Talboden der Save zwischen Kronau und Loog, am Nordwestfuße des Jerebikouz bei Mojstrana sowie bei Karner Vellach typisch entwickelt. Aus derselben entsprungene Legföhren sind talabwärts bis gegen Lengenfeld zu beobachten.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Das polynesische alteozäne Festland

von

H. Höfer.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Mai 1908).

Angeregt durch die Studien K. Martins über mesozoisches Land und Meer im Indischen Archipel[1] will ich im Weiterverfolgen dieser Frage eine Reihe von Tatsachen mitteilen, die ich gelegentlich einer anderen Arbeit sammelte, und deren Zusammenfassung vielleicht veranlaßt, diese Frage weiter zu verfolgen.

Bei der Durchsicht der Literatur dieses weitgedehnten Inselgebietes fiel es mir auf, daß das Alteozän wiederholt durch das Vorkommen einer eigentümlichen Kohle gekennzeichnet ist, welche die Kalilauge nur schwach färbt, einen geringen Wassergehalt besitzt und an mehreren Orten ein eigentümliches Harz (Ambrit oder Kaurigum) einschließt.

Kohlenflöze, insbesondere mächtigere, sind fast ausnahmslos lakustre Bildungen, welche sich auf einem Festlande entwickelten.

Nachdem eozäne Kohlenflöze auf mehreren Inseln von Sumatra bis Neuseeland vorkommen, welche durch nichts auf eine marine Bildung hinweisen, so ist es naheliegend, voraus zu setzen, daß hier zur Eozänzeit ein Kontinent vorhanden war. Es seien die einzelnen Inseln kurz besprochen.

Sumatra und Banka. Hierüber sagt Dr. Aug. Tobler,[2] welcher Sumatra wiederholt bereiste: »Es unterliegt keinem Zweifel, daß in Sumatra (speziell in der Region von Süd-Sumatra

[1] Neues Jahrb. f. Min., 1907, I, 107.

[2] Topogr. u. geol. Beschreibg. d. Petrol.-Gebiete bei Moeara-Enim. in Tijdschi o. h. koningkl. Nederl. Aardrysk. Genootsch., 1906, p. 292.

und in Banka) zu Beginn der Eozänzeit ausgedehntes Festland bestanden hat.« Damit fühle ich mich der Beibringung weiterer Details enthoben und verweise bloß auf die zitierte Quelle.

Java. Hier ist nach Dr. R. D. M. Verbeek[1] infolge der großen Ausbreitung der jüngeren Formationen nur auf 1% dieser Inselfläche Kreide und Eozän sichtbar. Das Eozän, diskordant auf Kreide liegend, ist mit gelbem Quarzsandstein mit Tonschichten und Kohlenflözen und darüber Nummulitenkalken vertreten. Die Flöze sind infolge ihrer gestörten Lagerung und der schwer zugänglichen Gegend nur »einigermaßen abbauwürdig«. Die Kohlen nähern sich den älteren Steinkohlen viel mehr, als den tertiären, europäischen Braunkohlen. Die Eozänschichten haben in Bänken Eruptivgesteine eingeschlossen, welche gewissen älteren Diabasen und Dioriten gleichen.

In Borneo gliedert Verbeek[2] das Alttertiär in vier Stockwerke; 1. Die Breccienetage aus Breccien, Konglomeraten und Sandsteinen bestehend, ist nur in Westborneo bekannt. Wegen Mangels an Versteinerungen ist es fraglich ob diese Abteilung nicht etwa der Kreide zugezählt werden soll. 2. Die Sandsteinetage (α) mit Quarzsandstein, Schieferton mit Pflanzenabdrücken, welche mit dem jetzigen Vegetationstypus des indischen Monsungebietes die größte Ähnlichkeit besitzen, und mit Pechkohlenflözen. Die Leitfossilien sind Cyrena (Batissa) borneensis Böttg. und Cyrena pesigaronensis Verb. In Südborneo schalten sich zwischen den Flözen feste, marine Versteinerungen, doch keine Nummuliten führende Tonsteine ein.[3] Es begann also hier bereits vorübergehend die Verschiebung der Strandlinie, während im Norden Borneos noch Festland war. Das Meer drang dann während 3. der Mergel-

[1] Die Geologie von Java, in Petermanns Mitteilg., *44*, 25 (1898). In der vorliegenden Studie sind nur die wichtigsten Literaturquellen genannt; sie sind ausführlich in meinem im Erscheinen begriffenen Buche: »Die Geologie des Erdöls« aufgezählt.

[2] Verbeek und Böttger: Die Eozänformation von Borneo, 1875.

[3] Es ist dies das einzige marine alteozäne Vorkommen, das mir in der Literatur über Polynesien bekannt wurde.

etage (ζ) entschieden vor; neben Nummuliten finden sich marine Muscheln und Krustazeen. Da in 4. der Kalketage (γ) Korallen und Lithothamnienriffe sich entwickelten, so kann zu dieser Zeit die Senkung des Meeresgrundes noch keine bedeutende gewesen sein.

Die eozänen Kohlenflöze reichen, wahrscheinlich mit Unterbrechungen, bis zur Insel Labuan, welche der Nordküste Borneos vorliegt. Man findet hier in der Kohle Einsprengungen eines lichten Harzes, das völlig zum charakteristischen Gemengteil dieser Eozänkohle wird.

In den drei genannten Sundainseln haben wir somit die sicheren Anzeichen, daß sie zu Beginn der Eozänzeit Festland waren.

Das Eozän ist auf den kleinen Sundainseln wenig bekannt, wie diese Inseln überhaupt noch nicht genügend geologisch durchforscht sind. In Timor kennt man das Eozän in beschränkter Ausdehnung im Südwesten der Insel bei Baung und im Norden im Gebiete von Harnenne. Auf Rotti werden die obertriadischen Halobienkalke direkt von neogenen Korallenkalken und weißen Foraminierenmergeln überdeckt, und die Auswürfe der profunden Schlammvulkane im nördlichen Teile sind vortriadische Gesteine und Versteinerungen und unterjurassische Ammoniten; aber keine eozänen Fossilien wurden ausgeworfen; aus all dem darf auf ein eozänes Festland geschlossen werden.

In Seran (Ceram) scheint, soweit die bisherige Untersuchung reicht, das Eozän zu fehlen.

Im südlichen Teile von Celebes fanden Wichmann, Bücking und Frenzel unter dem eozänen Nummulitenkalk (γ) einen lichtgefärbten dünnschiefrigen Sandstein mit Pechkohle (α), also eine große Ähnlichkeit mit Borneo zeigend. Die Etage γ ist nach Bücking's Beobachtungen durch Eruptiva vertreten, was an Java erinnert.

Die geologische Kenntnis der Philippinen ist sehr unvollständig. Nach H. Abola y Casariego[1] schließen sich in Cebu direkt an die Eruptiva eozäne Nummulitenschichten an,

[1] Bull. de la Comision del Mapa geologico de Espagna, T. XIII, 1886.

welche unten Braunkohle führen, darüber folgen Konglomerat, Sandstein (α), Ton (β) und schließlich Kalkstein (γ). Diese Folge zeigt große Ähnlichkeit mit Borneo, was ich durch Einschaltung der korrespondierenden griechischen Buchstaben andeutete. Leider gibt Abola kein Petrefaktenverzeichnis.

Unsere geologischen Kenntnisse von der Insel Neu-Guinea sind bisher ganz untergeordnete.

Eine überraschende Ähnlichkeit mit Borneo zeigt das Alteozän in Neuseeland,[1] speziell auf der Nordinsel. Zu unterst ist die Sandsteinetage (α) (Hochstetters Waikado-Schichten) auf vorkänozoischen Schichten diskordant lagernd; stellenweise liegt das Eozän auf Kreide, die, wie auch manchmal in Borneo, einen gosauähnlichen Typus hat und Kohlenschmizen einschließt. Die Etage α besteht aus feinkörnigen Sandsteinen mit untergeordneten Konglomeratbänken und Schieferton mit Abdrücken dikotyledoner Blätter. Die Etage α führt ein mächtiges Flöz von Pech- oder Glanzkohle von geringem Wassergehalt, ein fossiles Harz (Ambrit, Kaurigum) in bis kopfgroßen Stücken einschließend, und Hochstetter fand auch Abdrücke von Anodonta. Es kann also kein Zweifel sein, daß zu Beginn der Eozänzeit Neuseeland Festland war. Die Etage α ist mittels seichtmariner, pectenführenden feinkörnigen Sandsteinen, Tonmergeln und Tuffen mit der Mergeletage β (Hochstetters Whaingoroa-Schichten) verbunden. Sie führt in den stellenweise sandigen oder tonigen Mergeln Pholadomya, Natica und Foraminiferen, darunter auch Globigerinen, welche in der unteren Abteilung von β reichlicher, oben seltener sind und verschwinden.

Das Land ist also gegen Ende der α-Zeit gesunken, erreichte zu Beginn der β-Zeit die größte Tiefe und begann sich dann langsam zu heben. Hiermit stimmt auch die Tatsache überein, daß die darauffolgende Kalketage β aus Nummulitenkalken besteht, die reich an Schalenfragmenten, Korallen, Bryozoen, Ostreen, Pecten etc. sind.

Es fragt sich noch um die große Fläche zwischen den Sundainseln und Neuseeland.

[1] Hector: Sketch map, in Handbook of New-Zealand 1883, ebenda 1886, p. 21. — Hochstetter: Geologie von Neu-Seeland, p. 12.

Während der Kreidezeit war Westaustralien Festland· in Ostaustralien zog sich, etwa dem jetzigen Küstengebirge entsprechend, ein breiter Streifen Festlands bis Tasmanien hinüber. Zwischen beiden Teilen Australiens lag in einem gegen Ost konvexen Bogen ein breiter Meerarm, in dessen nördlichem und mittlerem Teil mehrere große Inseln waren.

In Tasmanien[1] liegt auf dem Glossopterisperm sofort das Tertiär. Dies beginnt mit verschieden gefärbten Tonen, welche Sandsteine und Lignit eingelagert haben und Abdrücke von dikotyledonen Pflanzen enthalten. Derartige Blätterbette (Leaf-beds) finden sich häufig. Diese Süßwasser- und Sumpfbildungen herrschen in Tasmanien gegenüber den marinen vor; die südlichste Grenze der letzteren ist in Nordtasmanien in isolierten Partien zwischen dem Cap Grim im äußersten Nordwest und der Flinders-Insel im Nordost; die Insel wird somit kaum von dem marinen Tertiär getroffen. Die riffbildenden Korallen sind darin vorwiegend, somit sind diese Ablagerungen, deren genaues Alter nicht bestimmt ist, eine Seichtwasserbildung.

Robt. M. Johnston schreibt: »Die lakustre Formation (auch die von paläogenem Alter bestehend aus Tonen, Mergeln, Sanden, Ligniten, Blattbetten und Geröllddrift) erscheint in beschränkten Becken in verschiedener Höhe durchwegs im östlichen und südlichen Teil Australiens und sehr verbreitet in Tasmanien«. »Die lakustre Formation ist mehr als 1000 Fuß mächtig und bedeckt z. B. im Launceston-Becken (Nordtasmanien) wenigstens 600 Quadratmiles«.

Auch das marine Tertiär setzt nördlich nach Australien, dem südlichen Teile des erwähnten Kreidemeeres entsprechend, fort; doch hat schon Tenison-Woods nachgewiesen, daß das Tertiär gegen die nördlichen und östlichen Zuflüsse des Murray (Riverina Distrikt) auskeilt.

Die Fauna des marinen Tertiärs von Neuseeland hat mit jener von Tasmanien sowohl in Alt- als Jungtertiär so wenig Übereinstimmung, ebenso der petrographische Charakter, daß es kaum gelingen dürfte, die Schichten da und dort in Parallele

[1] K. M. Johnson, System. Account of the Geology of Tesmania, p. 208.

zu stellen. Es scheint in Tasmanien und Australien das Eozän ganz zu fehlen, falls man nicht in den ausgebreiteten Süßwasserablagerungen das Äquivalent sehen will. Doch in dem einen, wie im anderen Falle würde Australien-Tasmanien zur Eozänzeit zum größten Teile Festland gewesen sein.

Da die meisten der erwähnten Süßwasser- und Sumpfbildungen in unmittelbarer Nähe der jetzigen Küste liegen, oft auch querweise zu dieser streichen, so darf wohl vorausgesetzt werden, daß sie sich zur Eozänzeit auch in Gebiete erstreckten, die heute vom Meere bedeckt sind, daß also das Eozänland eine größere Ausdehnung hatte, als die jetzigen Wahrzeichen desselben markieren.

Im Voranstehenden gebe ich eine Reihe von Tatsachen, die ich gelegentlich der Durchsicht der Literatur behufs Mitteilungen über die Erdölvorkommen dieser Gebiete auffand, und die sich im Laufe dieser Arbeit zu einem, wenn auch nicht lückenlosen Mosaik gestalteten, in welchem ich die Umrisse eines alteozänen Festlandes oder eines ausgedehnten Inselgebietes zu erkennen glaube. Ob und wie sich diese eozänen Festlandmassen zu jenen Asiens stellen, konnte ich nicht weiter verfolgen; es sei bloß bemerkt, daß im nordöstlichen Teile von Oberassam das große Makumfeld ebenfalls eine eozäne Kohle führt, die lebhaft an jene von Borneo erinnert. Die Kesselbrücke und Senkungen, welche die besprochenen Inseln von Asien trennen, sind höchstwahrscheinlich jungen Alters.

Die 200 *m* Isopathe sowie die terrigenen Meeresablagerungen vereinigen sämtliche Inselgruppen — abgesehen von Neuseeland — mit Hinterindien.

Vom zoogeographischen Standpunkte ist gegen die aufgestellte Hypothese jetzt kaum mehr eine Einwendung zu machen, nachdem die Anschauung Wallace's durch die Arbeiten von Baur, Ortmann Ihering, Holdhaus[1] und M. Weber[2] widerlegt wurde. Letzterer ist jüngst auf Grund der Süßwasserfischfauna von Neu-Guinea und Australien zu dem Schlusse gelangt, daß ehemals eine ausgedehnte Landverbindung beider Inseln bestanden habe.

[1] Verhandl. k. k. zool. k. Ges. Wien, 1907, 258.

[2] Zool. Anzeiger, *32*, 401, 1907.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. V. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen

(II. Mitteilung)

von

Dr. **Maximilian Samec.**

Ausgeführt mit Subvention der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien.

(**Vorgelegt in der Sitzung am 11. Juni 1908.**)

Im Anschluß an die Arbeiten Wiesner's[1] habe ich in der I. Mitteilung[2] neben der Arbeitsmethode das Ergebnis der Messungen veröffentlicht, welche beim Ballonaufstiege am 24. Mai 1907 ausgeführt wurden. Es zeigten die daselbst beobachteten Werte der Gesamtintensität, sowie andere Befunde eine volle Übereinstimmung mit dem von Wiesner im Yellowstonegebiete gesammelten Materiale. Eine weitere Subvention der hohen mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien setzte mich in die Lage, diese Arbeit fortzusetzen und ich teile die weiteren Resultate nachstehend mit.

Es wäre zunächst wünschenswert gewesen, auch für das Andresen'sche Papier Rhodamin *b*, das ich bei meinem ersten Aufstiege verwendet, einen Vergleichston herzustellen. Da jedoch alle diesbezüglichen Bemühungen fehlgeschlagen sind, unterließ ich es, mit diesem Papiere weitere Messungen auszuführen.

---

[1] Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas des Yellowstonegebietes. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXXV.

[2] Samec, Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen, I. Diese Sitzungsberichte, Bd. 116, Abt. I.

Als Indikator des chemisch wirksamen Lichtes verwendete ich das Eder'sche haltbar gesilberte Papier, welches jedoch bedeutend empfindlicher ist als das Bunsen-Normalpapier. Es wurde durch viele Vergleichsmessungen die Relation der beiden Empfindlichkeiten festgestellt; sie betrug 0·665. Mit diesem Faktor wurden alle auf dem Ederpapier erhaltenen Intensitätswerte multipliziert, so daß den unten mitgeteilten Zahlen die Bunseneinheit zugrunde liegt. Die verwendete Apparatur glich ganz der in der I. Mitteilung beschriebenen.

Aufstieg am 14. Mai 1908.

Wie der erste, sollte auch der diesmalige Aufstieg zu einer Zeit erfolgen, wo die Gesamtintensität etwa den Jahresmittelwert erreicht. Dies ist nun im Mai annähernd der Fall, überdies war das ruhige Wetter der zweiten Maiwoche 1908 für Hochfahrten günstig.

Am Tage des Aufstieges, 14. Mai, lag eine tiefe Depression westlich von England, eine zweite über der mittleren Ostsee. Relativ hoher Druck herrschte im Süden und Südosten, während ein kleines Maximum nördlich der Alpen Zentraleuropa einnahm. In Österreich war nachts zwischen 13. und 14. Mai nördlich der Alpen Trübung eingetreten, der Süden, sowie Galizien und Ostungarn waren heiter. Wien hatte morgens bei schwachem Westnordwest ganz bewölkten Himmel, gegen Mittag klärte sich der Himmel ein wenig, ohne daß Ausheiterung aufgetreten wäre. Während des Aufstieges wurden auf der meteorologischen Zentralanstalt folgende Werte der meteorologischen Elemente beobachtet (Tabelle 1).

Vor dem Aufstiege bestimmte ich die Relation zwischen den am Ballonapparat beobachteten Intensitätswerten und den im Freien gefundenen.

Es betrug bei S_3	Im Freien	Am Ballonapparat
Chemische Gesamtintensität	$Jg = 0{\cdot}742$	$Jg = 0{\cdot}667$
Chemische Intensität des diffusen Lichtes	$Jd = 0{\cdot}344$	$Jd = 0{\cdot}310$

woraus der Faktor für die Korrektur der im Ballon gemessenen Jg und Jd $= 1{\cdot}11$ ergibt.

Tabelle 1.

Gang der meteorologischen Elemente in Wien am 14. Mai 1908.

	10a.	11a.	12	1p.	2p.
Temperatur, °C. .	15·0	15·3	16·4	17·4	17·6
Barometer, *mm* . .	741·9	741·3	740·9	740·6	740·0
Feuchtigkeit, % .	71	69	68	65	64
Bewölkung, 1–10.	10 Stcu		10 Stcu		10 Stcu
Windrichtung und Stärke, *km*/St. .	NW_2		NE_6	E_{10}	E_{12}
Fernsicht, *km* E	25		45		35
Fernsicht, *km* S	6		6		6
Fernsicht, *km* W	8		8		8

Der Aufstieg erfolgte um $11^h\ 55^m$ m. e.

Der Ballon hielt zuerst fast genau nördliche Richtung ein, bog dann nach Nordost, überquerte die Donau und hielt dann genau die Richtung Nordost ein. Um $1^h\ 17^m$ erreichten wir die Höhe 3650 *m*, worauf über Sasvár der Ventilzug erfolgte.

Die bei der Auffahrt beobachtete Bewölkung 9 Stcu nahm rasch ab. Der Wienerwald blieb ganz in Wolken gehüllt, in der Fahrtrichtung aber konnte durchschnittlich eine Wolkendecke 3 beobachtet werden (Stcu und Cistr.), welche hoch ober uns war; unten jagten nur vereinzelte Nebelfetzen aus Südost. Die ganze Zeit hindurch war die Luft außerordentlich klar, es konnten, das Wiener Becken ausgenommen, die entferntesten Terrainstücke klar gesehen werden.

Die Expositionszeit betrug sowohl bei Ober- als auch bei Unterlicht 5 Sekunden. Die erhaltenen Lichttöne wurden in einer Aluminiumbüchse versorgt und am 16. Mai bei einer Lichtintensität von 0·036 verglichen. Nachdem die Werte mit der Papier- und Apparatkonstante korrigiert worden waren, rechnete ich die chemische Intensität des Sonnenlichtes (Js) und daraus das Verhältnis $\frac{Js}{Jd}$.

In der Tabelle 2 sind die erhaltenen Zahlen nebst den zugehörigen Werten der Bewölkung und Sonnenbedeckung zusammengestellt. Zur Zeit der ersten Beobachtung betrug, wie mir Herr Dr. Broch freundlich nach meinem Fahrtendiagramm berechnete, die Sonnenhöhe in Wien 60° 24' 26" und sank bis zum Augenblicke der Landung auf 54° 56' 51".

Die in Tabelle 2 zusammengestellten Werte zeigen wieder die von Wiesner[1] und später von mir[2] beobachteten Tatsachen. Auch diesmal steigt die Gesamtintensität der chemisch wirksamen Strahlung mit steigender Seehöhe. Die Zahlen erreichen allerdings lange nicht jene Höhe, wie sie beim ersten Aufstieg beobachtet wurde. Es betrug da Jg in 3500 *m* 2·124, im zweiten bloß 1·511, doch mag darauf hingewiesen werden, daß die Messungen vom 24. Mai 1907 schon in Wien selbst einen ausnehmend hohen Wert der Gesamtstrahlung ergaben. An diesem Tage betrug die Intensitätszunahme auf 4078 *m* 0·744 = 47% der auf der Erde herrschenden chemisch wirksamen Strahlung, am 14. Mai 1908 aber steigt Jg bei einer Höhendifferenz von 3528 *m* von 0·762 auf 1·534, d. h. um 101% des ursprünglichen Wertes. Die Änderung der Intensitätswerte konnte von der geographischen Breite unmöglich so stark beeinflußt worden sein, da der Landungsplatz bei der ersten Fahrt (Level, Ungarn) kaum 20' südlicher und der Landungsplatz des zweiten Aufstieges (Bur-Szent-Miklós) rund 25' nördlicher liegt als Wien.

Dieser starke Gradient der Strahlung erscheint bei der zweiten Beobachtungsreihe umso auffallender, als die Luftklarheit diesmal außerordentlich groß war, hingegen beim ersten Aufstiege schon aus 2000 *m* die Erde dunstig erschien. Maßgebend dafür mußten daher vor allem Vorgänge gewesen sein, die sich in den höheren Luftschichten abspielten und unserem Auge verborgen blieben. Ein besonderes Augenmerk verdient auch der um $12^h\,51^m$ beobachtete Wert. Die chemische Gesamtintensität beträgt da in einer Höhe von 2400 *m* nur 0·717, während kurz vorher (2150 *m* um $12^h\,45^m$) schon 1·195

[1] L. c.
[2] L. c.

Tabelle 2.

Lichtintensitäten in verschiedenen Seehöhen.

Zeit m. e.		11^h55	12^h2	12^h15	12^h20	12^h30	12^h36	12^h38	12^h45	12^h51	12^h57	1^h3	1^h8	1^h10	1^h17
Seehöhe, *m*		122	450	800	1200	1400	1700	1900	2150	2400	2800	3000	3200	3500	3650
Bewölkung und Sonne		Stcu 9 S_3	Stcu 7 S_3	Cicu Stcu 3 S_{3-4}	Cicu Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 4 S_3	Stcu 2 S_4	Stcu 2 S_4	Stcu 2 S_4	Stcu 2 S_1	Stcu 4 S_{3-4}	Stcu 3 S_{3-4}	Stcu 3 S_1
Chem. Intensität im Freien	Jg	0·762	0·813	0·759	0·978	0·984	0·992	1·164	1·195	0·717	1·091	1·373	1·421	1·511	1·534
	Jd	0·364	0·359	0·312	0·438	0·463	0·447	0·442	0·434	0·325	0·423	0·418	0·398	0·400	0·389
	Js	0·398	0·454	0·447	0·540	0·521	0·545	0·722	0·761	0·392	0·668	0·955	1·020	1·111	1·145
$\frac{Js}{Jd}$		1·09	1·26	1·43	1·23	1·13	1·22	1·64	1·75	1·24	1·57	2·29	2·57	2·78	2·94
Chem. Intensität des Unterlichtes Ju		[1] 0·201	0·346	0·335	0·410	0·427	0·420	0·415	0·411	0·389	0·401	0·381	0·377	0·386	0·372

Um 12^h Mittags wurde im pflanzenphysiologischen Institute in Wien die Gesamtintensität Jg = 0·571 beobachtet.

[1] 4 *m* über dem Boden.

gemessen worden ist. Die Bewölkung war dabei ganz gleich geblieben bei voller Sonne. Es mag dies eine Analogieerscheinung zu der von Wiesner[1] beobachteten Mittagsdepression und der von mir statistisch festgestellten geringen Zunahme der Luftdurchsichtigkeit um die Mittagszeit[2] sein.

Die chemische Wirksamkeit des diffusen Lichtes zeigt auch diesmal in unregelmäßigen Schwankungen allmähliche Abnahme mit steigender Seehöhe, bleibt aber höher als sie beim ersten Aufstieg gefunden wurde.

Da die chemische Sonnenintensität fast kontinuierlich steigt, so wächst auch der Quotient $\frac{Js}{Jd}$. Während auf der Erde die wirksame Strahlung des Sonnen- und diffusen Lichtes annähernd gleich waren, erreicht erstere in 3650 *m* fast den dreifachen Wert der letzteren, eine Beziehung, die, wenn auch vereinzelt, von Schwab[3] in Kremsmünster gefunden wurde. Weit höhere Werte von $\frac{Js}{Jd}$ wurden von Wiesner[4] im Yellowstonegebiete beobachtet; auch meine Messungen vom 24. Mai 1907 zeigen einen bedeutend höheren Wert dieses Verhältnisses (5·72).

Das Unterlicht nimmt zunächst mit steigender Seehöhe zu und zeigt als Abhängige des zerstreuten Lichtes dann im allgemeinen Tendenz zur Abnahme. Daß die Terrainbeschaffenheit bei Messungen in nicht zu großen Höhen von Einfluß zu sein scheint, läßt die Tabelle erkennen.[5] Das erste Maximum des Unterlichtes wurde in 450 *m* gemessen und betrug 0·346, gerade als der Ballon die Donau übersetzte, das zweite in 1400 *m* im Augenblicke, wo wir über der March und

[1] L. c., p. 8 und Photochemisches Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java). Denkschriften der kais. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 64.

[2] Samec, Durchsichtigkeit der Luft bei verschiedenen Witterungszuständen in Wien. Diese Sitzungsber. Bd. 114.

[3] Schwab, Photochemisches Klima von Kremsmünster. Denkschriften der kais. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 74, p. 161.

[4] L. c., p. 8.

[5] Unterlichtmessungen über Wasserflächen wurden von Wiesner an der Thaya ausgeführt.

ihrem Überschwemmungsgebiet schwebten; auch der in 2800 *m* beobachtete Wert von 0·401 fällt in einen Augenblick, wo wir eine größere Wasserfläche in der Umgebung einer Ziegelei passierten. Bei der Messung um $1^h\ 10^m$ (3500 *m*) schwebten wir über einer Wolke, und es ist nicht ausgeschlossen, daß die Lichtreflexion zu einer Erhöhung der gemessenen chemischen Wirksamkeit beigetragen hat. Inwiefern die erwähnten Tatsachen miteinander in ursächlicher Beziehung stehen, das läßt sich mit Sicherheit aus der zur Verfügung stehenden geringen Zahl der Beobachtungen nicht mit Sicherheit ermitteln.

Auch die heuer gewonnenen Daten verwendete ich dazu, um die Größe der Lichtabsorption innerhalb einzelner Schichten zu berechnen. Die Resultate sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3.

Zunahme der chemischen Lichtwirksamkeit innerhalb einzelner Luftschichten.

	Höhenschichten in Metern						
	122 bis 450	450 bis 1200	1200 bis 1700	1700 bis 2150	2150 bis 2800	2800 bis 3200	3200 bis 3650
Zunahme von Jg ..	0·051	0·165	0·014	0·203	-0·104	0·330	0·113
Zunahme auf je $100\,m : \frac{dJ}{100}$	0·015	0 021	0·003	0·045	—	0·082	0·025

Wie die erst veröffentlichten Messungen lassen auch die heutigen keine Regelmäßigkeit der Lichtabnahme innerhalb der kleinen in der Tabelle angenommenen Höhendifferenzen erkennen. Bildet man aber Differenzen der etwa 1000 *m* voneinander liegenden Intensitätswerte, dann zeigt sich innerhalb der ersten 1000 *m* eine Zunahme von 0·200 auf 1000 *m*,

innerhalb der Höhe 1000 bis 2000 *m* 0·228 auf 1000 *m*, in der dritten Höhenschichte 0·215 auf 1000 *m* und in der vierten 0·251 auf 1000 *m*. Die so erhaltenen Werte lassen nun deutlich ersehen, daß im allgemeinen die Zunahme der chemischen Lichtintensität umso größer wird, in je höhere Schichten man vordringt.

Zur Phosphorfrage im Chlorophyll

von

V. Brdlík.

Aus der chem.-physiologischen Versuchstation der k. k. böhmischen technischen Hochschule in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 19. Juni 1908.)

Die ersten Arbeiten, welche die Lösung der Chlorophyllfrage in sicherere Geleise brachten, waren diejenigen von Gautier und Hoppe-Seyler. Die fast gleichzeitig, jedoch in ganz getrennten Studien von beiden Forschern gewonnenen krystallinischen Chlorophyllfarbstoffe waren fast von identischer elementarer Zusammensetzung. (Einen kleinen Unterschied in der Zusammensetzung des gewonnenen Produktes erklärt Gautier damit, daß er zu seinen Arbeiten dicotyledone, Hoppe-Seyler dagegen monocotyledone Pflanzen benützte.) Beide Forscher fanden in der Asche ihrer Präparate Phosphor, und zwar Hoppe-Seyler 1·3% Phosphor, Gautier 1·75% phosphorhältiger Asche. Damals stellte auch Hoppe-Seyler, gestützt auf diese Forschungsergebnisse, die Hypothese der Lecithinkonstitution des Chlorophylls auf. Durch die ausgezeichneten Arbeiten von Marchlewski und Schunk wurde die Chemie der Chlorophyllfarbstoffderivate sehr vertieft, obwohl die Frage der Lecithinkonstitution von ihnen nicht näher untersucht worden ist. Später hat Stoklasa[1] in seinen Publikationen, betreffend das »Chlorolecithin« den Lecithin charakter des Chlorophylls bestätigt. Neuestens hat Willstätter[2] in bezug auf die Chlorophyllfrage Arbeiten ver-

[1] J. Stoklasa: »Über die Verbreitung und physiolog. Bedeutung des Lecithins in der Pflanze. Sitzungsber. der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse, B. CIV, Abt. 1 (1896).

[2] Richard Willstätter, Just. Liebig's Annalen der Chemie, Bd. 350, H. 1, 2, »Untersuchungen über Chlorophyll« und Bd. 358, H. 3 (1908). »Über krystallisiertes Chlorophyll«.

öffentlicht, welche die Konstitution des Chlorophylls auf das Vorhandensein des Magnesiums fundierten. Die verschwindende Menge von Phosphor (0·07%), die er im Extrakte des Rohchlorophylls fand, obwohl er an einer anderen Stelle auch 0·44% angibt — schreibt er jedoch den farblosen Verunreinigungen zu.

Damit wäre die Phosphorkonzeption des Chlorophylls definitiv abgetan gewesen, wenn unsere Resultate nicht fundamental gegen diejenigen Willstätters differieren würden.[1]

In 18 Analysen von Rohchlorophyll bewegte sich der Phosphorgehalt je nach Art der Pflanzengattung zwischen 0·35% bis 1·54%. Niemals wurde aber ein so geringer Phosphorgehalt von uns gefunden, wie ihn Willstätter angibt (0·07%). Auch haben wir den Phosphor in den Chlorophyllextrakten der grünen und gelben Blätter von Ahorn, gepflückt im Monate September, und zwar am selben Tage und von dem selben Baumindividuum, verfolgt. Die grünen Blätter von Ahorn enthielten:

0·518% Phosphor.

Die gelben Blätter von Ahorn enthielten:

0·036% Phosphor.

Es war daher klar, daß mit der Zersetzung des Chlorophylls der Phosphor aus den Blättern verschwindet, d. h. aus den gelben alkoholischen, respektive Benzolextrakten der gelben Blätter, in denen eine wahrnehmbare Menge derselben nicht mehr konstatierbar war. Diese Beobachtung machten auch andere, welche neben dem Phosphor auch das Magnesium verfolgten (in der Trockensubstanz der Blätter), welch letzteres, zum Unterschiede vom Phosphor, bei dem Vergilben, also der Zersetzung des Chlorophylls aus den Blättern nicht verschwindet. Tswett,[2] welcher die Frage über die Wanderung des Phosphors und der

[1] J. Stoklasa, V. Brdlík, J. Just, Ist der Phophor an dem Aufbau des Chlorophylls beteiligt? Ber. d. d. bot. G. (1908), p. 69.

[2] M. Tswett, Ber. d. d. bot. Gesellschaft, Bd. XXVI, *a)* H. 1. »Über die Verfärbung und die Entleerung des absterbenden Laubes«.

Magnesia aus den vergilbenden Blättern erörtert, spricht sich in folgender Weise aus:

»Stahl hat neuerdings den Chemismus des Vergilbens der Blätter in der Weise biologisch zu deuten versucht, daß der immer aus C, O und H bestehende gelbe Anteil des Chlorophylls als wertlos in dem Blatte zurückbleibt, während der »grüne Anteil«, welcher (nach Willstätter) außer den genannten Organogenen noch N, Mg und eventuell P enthält, sich zersetzt, wobei die wertvollen N und Mg durch Ableitung in den Stengel für die Pflanzen erhalten bleiben. Wie die im vorstehenden Aufsatz angeführten Tatsachen lehren, findet aber ein herbstliches Rückwandern des Mg nach dem vorliegenden Beobachtungsmaterial nicht statt. Ferner ist der »grüne Anteil« des Chlorophylls aus zwei Chlorophyllinen zusammengesetzt und es bleibt noch die Frage zu erledigen, ob beide Farbstoffe Mg-haltig sind. Beide Farbstoffe schwinden jedoch beim Vergilben, wie auch die gelben Farbstoffe nicht unzersetzt bleiben.«

Die Beobachtung der Wanderung des Phosphors, welche, wie Tswett angibt, von Tollens, Tucker, Rissmüller und Seissel ebenfalls gemacht wurde, wobei jedoch diese Forscher in bezug auf den konstanten Gehalt an Magnesia in den vergilbenden Blättern übereinstimmen, muß zu der Ansicht führen, daß zwischen der Bildung des Chlorophylls und der Gegenwart des Phosphors in der Pflanzenzelle bestimmte Beziehungen bestehen.

Indem wir die Frage über die Gegenwart des Phosphors in den Extrakten des Rohchlorophylls nach so vielen Bestätigungen (Gautier, Hoppe-Seyler, Stoklasa, Etard, Marchlewski, Winterstein und Hiestand und unsere p. 530 zitierte Arbeit), als gelöst erachten, versuchten wir es sicherzustellen, in welcher Form der von uns gefundene Phosphor sich im Rohchlorophyll vorfindet. Zu diesem Zwecke extrahierten wir $120^1/_2$ *kg* Spinatblätter mit 230 *l* chemischreinen Methylalkohols. Frisch gepflückter Spinat wurde gewaschen, getrocknet, d. h. in der Weise, daß das zur Durchspülung verwendete Wasser abgedampft wurde, worauf die so getrockneten Blätter in einer emaillierten Mühle zerrieben wurden. Behufs Neutralisation der

organischen Säuren im Extrakte wurde diesen etwas kohlensaurer Kalk hinzugefügt. Der erhaltene alkoholische Extrakt von 188 *l* wurde mit 48 *l* chemisch reinen (thyofenfreien) Benzols ausgeschüttelt. Die Benzolschicht des Chlorophylls (43 *l*) wurde bei etwa 40° C. abgedampft. Es wurden 65 *g* gewonnen. Diese wurden behufs Entfernung der Stoffe, welche beim Ausschütteln aus der Alkoholschicht teilweise in die Benzolschicht gelangten, in Benzol aufgelöst.

Wir entschlossen uns sodann, den nach Abdampfen dieser Benzollösung erhaltenen Rückstand, behufs Trennung des Chromophors, direkt zu verseifen, so wie Hoppe-Seyler dies bereits getan hat. Dieser Weg wurde im Sinne des nachstehenden Kalkuls eingeschlagen.

Wir waren uns dessen bewußt, daß das Chlorophyll, welches wir durch die Extraktion der grünen Blätter gewinnen, nur mehr ein postmortales Produkt ist, keineswegs ein Chlorophyll, das im grünen Blattwerk vorkommt. Es ist auch sichergestellt, daß es nicht bloß eine Art von Chlorophyll gibt, sondern daß ihrer mindestens zwei existieren müssen, wie Sorby und Marchlewski gefunden und Tswett durch seine Chromato-Adsorptionsmethode bestimmt nachgewiesen hat.

In bezug auf das physikalische Verhalten hat schon Monteverde ein krystallisiertes und ein amorphes Chlorophyll gefunden. Etard spricht sich über die Möglichkeit des Vorhandenseins verschiedener Chlorophyllarten also aus: »Inutile de les ramener à quelques séries connues car elles sont indéfinement nombreuses et la Nature crée les types chimiques qu'elle veut.« Er fand selbst in den reinsten seiner Chlorophyllpräparate, wie er angibt, je nach der Art der Pflanzen, aus denen dieselben gewonnen waren, P, K, Cl, S, Fe, Mn, Si und in einer Art konstatierte er sogar Kupfer. Gegen die Befunde Etard's sprechen, soweit es sich um das Eisen handelt, die Angaben Molisch's,[1] Gautier's und anderer. Was das Magnesium anbelangt, so wurde beobachtet, daß sich dieses sehr leicht aus dem Rohchlorophyll ausscheidet. Durch all das Angeführte ist es klar, welch eine labile Materie das Chlorophyll

[1] H. Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen, Jena, 1892.

wohl sein mag, geneigt, durch unbedeutende Einflüsse sich an Metalle zu binden, welche möglicherweise zu seinem Moleküle in vivo nicht gehören, andrerseits aber jene auszuscheiden, die seine Komponente bilden. Auf diese Weise wäre vielleicht die Differenz zwischen den quantitativen Phosphorbefunden Willstätters und den unsrigen zu erklären. Betreffs des Magnesiums ist das Verschwinden desselben aus dem Rohchlorophyll bei der Operation schon erklärt (Willstätter), bei Phosphor allerdings noch nicht. Damit durch die Reinigungsoperationen manches der Chlorophyllpigmente nicht ausgeschieden werde, wurde von weiteren Reinigungsoperationen Umgang genommen und das so erhaltene Rohchlorophyllpräparat direkt verarbeitet, wie dasselbe durch Ausschüttelung mittels Benzols und wiederholter Lösung des benzoligen Rückstandes gewonnen wurde und der negative Beweis bevorzugt, daß die isolierten zersetzbaren Produkte nicht den farblosen Beimengungen angehören. Den Versuch der Trennung der einzelnen Chlorophyllfarbstoffe haben wir unterlassen, von der Erwägung ausgehend, daß der Konstitutionskern allen Chlorophyllpigmenten gemeinsam sein dürfte, daß nur die verschiedenen Chromogenkomponenten zu den gefundenen Chlorophyllpigmenten führen können, und daß wir diesen Konstitutionskern im verseiften Filtrat erhalten, wie dies auch Hoppe-Seyler von diesem Kern voraussetzt. Diese unsere Methode erwies sich als richtig, selbst nach den neuesten (nach Abschluß der unsrigen) veröffentlichten Arbeiten Willstätters, betreffend die Gewinnung des sogenannten Monteverdeschen krystallinischen Chlorophylls, von welchem jedoch Tswett sich also äußert: Es sei jedoch schon hier betont, daß dieses Präparat erwiesenermaßen keinen genuinen Farbstoff, sondern ein Artefakt, augenscheinlich eine Verbindung der Chlorophylline α und β mit einem dritten Stoffe darstellt.

Übrigens haben wir mit Hilfe spektrophotometrischer Methode[1] sichergestellt, daß die gebräuchlichen Reinigungsoperationen kein intaktes Chlorophyll liefern.

[1] Über deren Resultate ehestens referiert werden soll.

Verseifung des Rohchlorophylls.

Der so erhaltene Rückstand wurde nach Abdampfen des Benzols durch Kochen mit konzentriertem Barythydrat verseift. Das überschüssige $Ba(OH)_2$ wurde in gebräuchlicher Weise mittels Durchleitens von CO_2 herausgefällt und nach der Abkühlung filtriert. Auf dem Filter wurden, neben verschiedenen Barytseifen, unlösliche Barytsalze der sogenannten Chlorophylansäuren festgehalten, welche nach Hoppe-Seyler als Chromogen des Chlorophylls angesehen werden. Das Filtrat wurde abgedampft (mit einigen Tropfen HCl behufs Überführung eventuell vorhandener freier Basen in Chlorhydrate angesäuert) und der Rückstand einigemal mit absolutem Alkohol digeriert und auf diese Weise das Filtrat in eine Partie alkoholischer Lösung und einen nach der alkoholischen Digestion im Wasser löslichen Rückstand geteilt. Ein bloß unbedeutender, Phosphor nicht enthaltender Teil blieb im Wasser unlöslich.

A. Alkoholischer Teil.

Der alkoholische Teil ließ auf Grund der qualitativen Reaktionen der Phosphorwolframsäure, Kaliumplatinjodid, Jod-Jodkalium sowie in der alkoholischen Lösung der Platinchloridsäure auf die Anwesenheit einer Base schließen. Zur Identifikation wurde Platinchloridsalz gewählt; der durch die Platinchloridsäure gefällte Niederschlag wurde auf einem Filter gesammelt und nach erfolgter Durchspülung mit absolutem Alkohol im Wasser gelöst und krystallisieren gelassen.

In den Krystallen der ersten Krystallisationsfraktion, welche bei Verbrennung auf dem Platinblech den Geruch von Trimethylamin nicht zeigten, wurde spektralanalytisch Kalium festgestellt. Die Krystalle der zweiten Fraktion ergaben den Geruch von Trimethylamin, enthaltend 36·5% Pt.

Die letzte Krystallisationsfraktion ergab 32·58% Pt, kam also dem Cholinplatinchlorid ev. Neurinplatinchlorid nahe.

0·0982 *g* der Substanz = 0·032 *g* Pt = 32·58% Pt. Im Platinchloridniederschlag fand sich in der letzten Fraktion noch Kali. Zur Trennung des letzteren von Cholin, als welches sich die Base auch erwies, wurde die Methode von Stanček benützt,

um gleichzeitig zu konstatieren, ob Betaine im Rohchlorophyll vorhanden gewesen sind. Es wurde jedoch sichergestellt, daß Betaine nicht in den benzoligen Anteil übergegangen sind. Die aus der wässerigen Lösung mittels Jod-Jodnatriums ausgeschiedenen Perjodide wurden durch Erwärmen mit Wasser unter Hinzufügung pulverisierten Kupfers in Jodhydrate und schließlich mit Hilfe von Kupferchlorid und Kupfer in Chlorhydrate überführt. Die alkoholische Lösung dieses Chlorhydrats wurde mittels einer alkoholischen Lösung von Chlorplatinsäure gefällt. Der Niederschlag wurde nach Auswaschen mit Alkohol in Wasser gelöst und der Krystallisation überlassen. Die orangegelben, bei 120° getrockneten Täfelchen gaben beim Verbrennen eine Menge Platin, die auf Gegenwart von Cholin, eventuell Neurin deutete.

I. 0·1235 *g* gaben durch Verbrennen 0·03945 *g* Pt = 31·94%.
II. 0·1164 *g* gaben durch Verbrennen 0·0374 *g* Pt = 32·13%.

Die zurückbleibenden Krystalle wurden in Wasser aufgelöst, mittels Schwefelwasserstoffs in Chlorhydrat überführt und wieder das Cholinplatinchlorid ausgeschieden.

0·1962 *g* gaben durch Verbrennen 0·0626 *g* Pt = 31·90%

Cholinplatinchlorid erfordert theoretisch 31·64% Pt. Die sämtlich höheren Platingehaltsziffern, als sie Cholinplatinchlorid theoretisch erfordert, konnten auf ein eventuelles Vorhandensein von Neurin deuten. Deshalb wurde die Probe auf die physiologische Wirkung der isolierten Basen gemacht. Allein selbst die dreifache Dosis letalis bewirkte den Tod der Versuchstiere nicht. Neurin also (das toxisch wirkt) war die Base nicht, was sich auch voraussetzen ließ, da es nicht gut denkbar ist, daß das toxisch wirkende Neurin sich in der Pflanze befinde. Die Anschauung, daß eine Überführung von Cholin in Neurin, während der verschiedenen Operationen eintritt, wird von Gulewitsch zurückgewiesen.

B. Der wässerige Anteil.

Der nach der alkoholischen Digestion zurückbleibende im Wasser lösliche Rückstand gab einen flockigen Niederschlag mit absolutem Alkohol und trübte sich beim Erwärmen;

durch Erkalten wurde er wieder klar und lieferte mit Bleiacetat abermals Niederschläge. Diese Reaktionen deuteten auf Bariumglycerinphosphat, welches auch, wie folgt, isoliert und identifiziert wurde. Die konzentrierte Lösung wurde mit absolutem Alkohol gefällt, der Niederschlag auf dem Filter gesammelt und nach erfolgter Durchwaschung mit absolutem Alkohol in kühlem Wasser aufgelöst und von neuem mit absolutem Alkohol gefällt. Diese Operation wurde 5mal wiederholt; der schließlich auf dem Filter gesammelte Niederschlag wurde zum konstanten Gewicht (95°) getrocknet (0·212 *g* Bariumglycerinphosphat). Ein Teil hievon wurde in einer kleinen Menge Wassers aufgelöst und Schwefelsäure zur Ausscheidung von $BaSo_4$ und Bestimmung des Bariums hinzugefügt. Die im Filtrate überschüssige Schwefelsäure wurde mittels Bariumchlorid ausgeschieden, konzentriert und das Glycerin nach der Methode Zeisel und Fanto[1] bestimmt. Das überdestillierende Isopropyljodid wurde im Zeisel'schen Apparate mittels Silbernitrats aufgefangen. Das ausgeschiedene AgJ wurde bei 120° getrocknet und gewogen.

Belege.

I. 0·0953 *g* der Substanz ($BaC_3H_7PO_6+2H_2O$). 0·0658 *g* $BaSO_4 = 0·0387\,g = 40·63\,\%$ Ba (Theorie 40 %).
0·059 AgJ = 0·0231 $C_3H_8O_3$ = 24·29 % $C_3H_8O_3$ (Theorie 26·78 %).

II. 0·1022 *g* der Substanz 0·0702 *g* $BaSO_4$ = 0·0413 *g* Ba = 40·39 %
0·0638 *g* AgJ = 0·025 $C_3H_8O_3$ = 24·46 %.

Die verhältnismäßig hohen Ziffern für das Barium in Hinsicht auf den festgestellten Glyceringehalt finden ihre Erklärung einesteils in dem unzureichenden quantitativen Verlauf bei der Bestimmung des Glycerins, andrerseits ist es auch möglich, daß bei der Zersetzung des Bariumglycerinphophats mittels Schwefelsäure, behufs Entfernung des Bariums, die frei gewordene Glycerinphosphorsäure sich teilweise zersetzt; im Filtrate verdampft dann beim Konzentrieren ein wenn auch unbedeutender Teil des Glycerins. Glycerinphosphorsäure findet sich daher auch in Rohchlorophyll vor, wie schon Hoppe-Seyler angedeutet hat.

[1] S. Zeisel und R. Fanto, Zeitsch. für d. landw. Versuchswesen in Österreich, p. 729 (1902).

Versuch einer quantitativen Trennung.

Die Bestimmung des Phosphors im Reste der ursprünglichen Benzollösung hatte für unseren Zweck keine Bedeutung, da sämtlicher Phosphor, wegen unvollständiger Verseifung dieses Restes, in das Filtrat nicht übergeht (durch Parallelversuche wurde festgestellt, daß etwa 20% P zurückbleiben) und deshalb wurde jener Filtratphosphor als Basis unserer weiteren Beobachtungen angesehen.

Das nach der Verseifung resultierende Filtrat wurde auf 2000 cm^3 verdünnt und hievon 50 cm^3 zur Bestimmung des Gesamtphosphors verwendet; es wurden 0·0242 g $Mg_2P_2O_7$ = 0·0067 g P gefunden, somit im ganzen Filtrate 0·2691 g P. Die restlichen 1950 cm^3 wurden abgedampft, mit absolutem Alkohol digeriert und auf diese Weise, so wie es bei den vorherbeschriebenen Identifikationsarbeiten geschehen ist, in zwei Partien: eine alkoholische und eine wässerige Lösung geteilt.

A. Der alkoholische Teil.

In der alkoholischen Fraktion sollte die gesamte Menge des Platins in dem Niederschlage der alkoholischen Lösung der Chlorplatinsäure bestimmt werden; deshalb wurde auf 500 cm^3 verdünnt, hievon auf die Platinbestimmung 25 cm^3 abgeteilt, mit Chlorplatinsäure gefällt und 0·451 g Platin gefunden. Das ist in 500 cm^3 des alkoholischen Teils 9·02 g Platin, d. i. umgerechnet auf die ursprüngliche Menge von 2000 cm^3 des Filtrats 9·25 Pt, welche also die Basen und das Kalium gebunden hatten.

Wie weiter oben angeführt, wurde während der Arbeit das Vorhandensein von Kali in dem ausgeschiedenen Niederschlage der alkoholischen Lösung der Chlorplatinsäure gefunden. Damit die, an das Kali gebundene Platinmenge festgestellt werde, wurde wie folgt vorgegangen.

Die restlichen 25 cm^3 von 500 cm^3 der alkoholischen Digestion wurden, wie weiter oben angegeben, mit einer alkoholischen Lösung von Chlorplatinsäure gefällt. Der Niederschlag wurde aufgefangen, gewaschen und die organischen Stoffe in einem Wasserstoffgasstrom verbrannt. Der Rückstand wurde wiederholt mit heißem Wasser ausgelaugt, das Filtrat

abgedampft, schließlich der Tiegel in dunkle Rotglut gebracht und das Chlorkalium gewogen.

Belege.

In 25 cm^3 wurden 0·0165 g KCl = 0·00865 g K gefunden oder in 500 cm^3 alkoholischer Digestion 0·173 g K.

In 2000 cm^3 des ursprünglichen Filtrats also 0·179 g K, welche 0·445 g Platin gebunden hatten.

Es betrug somit das Gesamtgewicht des ursprünglichen

Platins ..... 9·250 g
Platins, gebunden an Kali ..... 0·445 g
Verbleibt somit an Basen gebundenen Platins ..... 8·805 g Pt.

B. Der wässerige Anteil.

Nach alkoholischer Digestion wurde der Rückstand im Wasser aufgelöst, ein kleiner, nicht löslicher Teil auf dem Filter festgehalten und mit Salpeter und Soda, behufs Feststellung des Phosphors, verbrannt, wobei gefunden wurde, daß Phosphor in der unlöslichen Partie nicht vorhanden ist.

Das wässerige Filtrat des phosphorhaltigen Rückstandes verdünnten wir demnach auf 250 cm^3, hiervon wurden 25 cm^3 für die neuerliche Bestimmung des Phosphors nach der alkoholischen Digestion abgetrennt, um zu kontrollieren, ob ein Teil des Phosphors nicht in die alkoholische Fraktion übergegangen sei. Das war tatsächlich auch der Fall, und zwar wurden in 25 cm^3: 0·0434 g $Mg_2P_2O_7$ = 0·0121 g P gefunden, somit berechnet auf das Gesamtfiltrat:

von 250 cm ..... 0·1210 g P
wobei jedoch vorhanden sein sollten ..... 0·2624 g P
0·1414 g P,

welch letztere daher in die alkoholische Digestion übergegangen sind, d. i. 54·01%, also über die Hälfte.

Darauf sind wir leider erst dann gekommen, als das Filtrat nach der Ausscheidung des Cholins durch Platinchlorid aus der alkoholischen Fraktion bereits anderweitig verarbeitet war, so daß es zu einem Versuche, sicherzustellen, in welcher

Form, offenbar einer organischen (anorganischer Phosphor würde in dem Bariumniederschlage gleich nach der Verseifung zurückgeblieben sein) dieser Phosphor, als in Alkohol löslich, vorhanden war, nicht mehr kam.

Die nächste Erklärung wäre gewesen, ob nicht vielleicht beim Abdampfen des Filtrats nach der Verseifung, als etliche Tropfen Salzsäure zur Überführung der freien Cholinbase in Chlorhydrat hinzugetan wurden, der Überschuß an Salzsäure die Zersetzung eines Teiles des Bariumglycerinphosphates in freie, allerdings in Alkohol lösliche Glycerinphosphorsäure verschuldet hat, welch letztere sich eventuell an das wie nachgewiesen vorhandene Kali hätte binden und als ebenfalls in Alkohol lösliches glycerinphosphorsaures Kali in diesen alkoholischen Teil hätte übergehen können.

Diese Umstände hätte ein Überschuß von Salzsäure verschulden müssen, von welcher jedoch, wie oben angeführt, bloß etliche Tropfen hinzugefügt wurden und dann hätte ein bedeutender Überschuß derselben vorhanden sein müssen, um mehr als die Hälfte des gesamten Glycerinphosphates frei zu machen.

Es erübrigt noch die Möglichkeit zu erwähnen, daß vielleicht jener Phosphor sich schon als Kaliumglycerinphosphat im Filtrate nach der Verseifung befunden habe, wiewohl es nicht gut denkbar ist, daß dasselbe der Wirkung des Barythydrats beim Kochen widerstanden hätte.

Hoppe-Seyler spricht die Ansicht aus, daß der Lecithincharakter des Chlorophylls definitiv gelöst wäre, wenn es gelingen würde, quantitativ das Cholin und die Glycerinphosphorsäure zu isolieren und es sich zeigen würde, daß ihre Mengen ihrem theoretischen Verhältnisse im Lecithinmolekül entsprechen. Dieses Verhältnis ist jedoch selbst im Eilecithin herzustellen nicht möglich, und zwar infolge des nicht quantitativen Verlaufs der Isolierungsmethoden.

Allein auch nicht einmal das Verhältnis des N : P, welches von uns im Rohchlorophyll des Efeus sichergestellt worden ist, stimmt mit dem theoretischen Verhältnis im Lecithin nicht überein. Im Rohchlorophyll des Efeus fand ich N : P = 1 : 0·267.

Auch nicht einmal das Verhältnis des Platins (aus den ausgeschiedenen Platinbasen) zu Phosphor entsprach den theoretischen Ziffern. Das Verhältnis des Phosphors zum Platin im Lecithin ist — 1 : 6·28, in unserem Falle, umgerechnet auf den Gesamtphosphor des Filtrats, ist das Verhältnis des Phosphors zum Platin 1 : 27·8 oder im Hinblick zu dem, nach der alkoholischen Digestion übrig gebliebenen Phosphor — 1 : 60·6. Die richtigste Ziffer in diesem Verhältnisse Pt : P bei der Beurteilung des Hoppe-Seyler'schen Lecithincharakters des Chlorophylls wäre die des Phosphors in dem isolierten Baryumglycerinphosphat. Die Menge von 0·212 *g* des isolierten Bariumglycerinphosphats umgerechnet auf das ursprüngliche Filtrat nach der Verseifung (inklusive der Korrektur der Isolationsverluste von zirka 22%) = 0·3096 *g* Bariumglycerinphosphat = 0·0279 *g* P; es wäre also das Verhältnis P : Pt = 1 : 233·6. Es war auch nur ein kleines Prozent P an Glycerin gebunden. Im ursprünglichen Filtrat nach der Verseifung betrug der gesamte Phosphor 0·2691 *g*, während der isolierte Phosphor in Form von Glycerinphosphorsäure, auch die Isolationsverluste mit eingerechnet 0·0279 *g* P, d. h. bloß 10·4% des gesamten, an Glycerin gebundenen Phosphors ausmacht.

Aus den angeführten analytischen Resultaten schließen wir, daß in dem alkoholischen Extrakte und der aus demselben gewonnenen Benzollösung des Rohchlorophylls Stoffe vorhanden sind, welche durch die Verseifung Basen liefern, deren Platinsalze durch den Gehalt an Platin auf Cholinbasen deuten würden. Betaine waren nicht vorhanden.

Das Vorhandensein organischen Phosphors wurde dagegen bestimmt nachgewiesen, und zwar teilweise (10·4%) an Glycerin als Glycerinphosphorsäure gebunden.

Naturgemäß könnte die keineswegs unbegründete Einwendung entstehen, daß dieser organische Phosphor von den beigemengten farblosen Lecithinen, respektive Phosphatiden oder endlich von Posternaks Phytin herrühre, durchwegs Stoffe, welche im Pflanzenreiche verbreitet sind, und zwar nicht bloß in den Samen, sondern auch in den Blättern, so daß sie leicht in die alkoholischen Extrakte der grünen Blätter und von hier teilweise auch in die Benzollösung gelangen konnten.

Roscoe-Schorlemmer, Stoklasas »Chlorolecithin« besprechend, hält den Lecithincharakter des Chlorophylls von dem Beweise abhängig, das die farblosen Lecithine diese Gegenwart des Phosphors nicht verschulden. Zur Sicherstellung dieses Umstandes verschafften wir uns ein Benzolextrakt von Efeublättern, einer Pflanze, die, wie wir fanden, zu Chlorophyllarbeiten eigentlich am wenigsten taugt, da die Blätter von einer großen Menge Wachs eingehüllt sind, welches die Arbeiten sehr erschwert. Allein in der Winterszeit, in welcher wir an die Lösung der Frage, betreffend das Nichtvorhandensein organischer, Phosphor enthaltender Stoffe im Rohchlorophyll herantraten, hatten wir kein anderes Material zur Verfügung.

Beweis der Abwesenheit der farblosen Phosphatiden eventuell des Phytins.

Zur Extraktion wurden 18 *kg* mit Wasser durchgewaschener Efeublätter verwendet. Um zunächst die oberflächliche Wachsschichte, mit welcher diese immergrüne Pflanze bedeckt ist, zu entfernen, wurden die Blätter durch zwei Tage in 12 Liter Äther liegen gelassen.

Die so von der Oberflächenwachs- und der Fettschichte befreiten Blätter wurden getrocknet, in einer Emailmühle zermahlen und in bekannter Weise in 36 *l* Alkohol extrahiert. Hierauf wurde filtriert und die alkoholische Lösung geschüttelt, im ganzen mit 10 *l* Benzol. Es wurden 8·2 *l* Benzollösung gewonnen, dieselbe abgedampft, der Rückstand abermals in Benzol gelöst, in diesem genau so wie das erstemal erhaltenen Rohchlorophyll wurde der Beweis der Abwesenheit der farblosen Phosphatide, beziehungsweise Phytine durchgeführt.

Vor allem wurde nun der Gesamtphosphor und Stickstoff bestimmt. 300 cm^3 der Lösung wurden abgedampft, der Rückstand im Wassertrockenschrank getrocknet und mit Soda und Salpeter in bekannter Weise verbrannt. Schließlich wurde das $Mg_2P_2O_7$ gewogen.

I. 1·756 *g* der Trockensubstanz = 0·0196 *g* $Mg_2P_2O_7$ = 0·00545 *g* P = 0·31 % P.

Wie ersichtlich, ist in Efeu auch das Phosphorprozent gegenüber den Ziffern in anderen Pflanzen ein sehr geringes;

übrigens ist auch aus dem Gewicht der Trockensubstanz zu ersehen, daß es hier sehr viele Verunreinigungen gibt. Während 250 cm^3 Spinatextrakt gegen 0·6 g Rückstand liefern, haben 250 cm^3 Efeuextrakt 1·756 g Rückstand geliefert, also die dreifache Menge.

Schließlich dürfen wir nicht vergessen, daß die hier verarbeiteten Pflanzen zur Winterszeit (10. Jänner) gepflückt wurden, und daß die grüne Farbe der Blätter in dieser Zeit jene frische bläuliche Nuance des Grünen vermissen ließ. Der Assimilationsapparat befindet sich demnach trotz alldem nicht in voller Tätigkeit. Wir haben den Beweis mit Hilfe von Tierkohle zu liefern versucht, um das Chlorophyll nach der Methode Gautier's zu adsorbieren, allein in den Vorversuchen haben wir gefunden, daß Tierkohle einigermaßen das Lecithin angreift, so daß diese Methode nicht einwandfrei wäre.

A. Trennung mit Aceton.

Das Rohchlorophyll löst sich im Aceton sehr leicht; dagegen sind die Lecithine in diesem Agens nur sehr wenig löslich, so daß man sich des Acetons zur Ausscheidung der Phosphatide aus ihren alkoholischen Lösungen bedient. Wir haben versuchsweise in Lecithinpräparaten sichergestellt, daß die Lecithine im Aceton nicht ganz unlöslich sind, wie die Literatur hie und da angibt; wir haben dagegen gefunden, daß z. B. nach 2 Minuten langer Digestion 7% Lecithin in das Aceton übergegangen sind; nachdem geschüttelt worden, übergingen nach weiteren 10 Minuten 13·4% und nach einer weiteren Stunde 22·5%. Nach dreitägiger Digestion bestimmten wir abermals den Phosphor. Es waren 27·5% Lecithinphosphor in die Acetondigestion, d. i. zusammen 70·4% des Gesamtlecithins nach dreitägiger Digestion in Aceton übergegangen.

Belege:

100 cm^3 alkoholischer Lösung von bekanntem Lecithingehalte, entsprechend 0·01834 g P wurden abgedampft und mit Aceton digeriert. Es übergingen:

Nach 2 Minuten ..... 0·0048 $Mg_2P_2O_7$ = 0·0013 P = 7·0%
Nach weiteren 10 Minuten ..... 0·0089 $Mg_2P_2O_7$ = 0·00240 P = 13·4%
Nach einer weiteren Stunde ..... 0·0149 $Mg_2P_2O_7$ = 0·00414 P = 22·5%
Nach weiten 3 Tagen ..... 0·0182 $Mg_2P_2O_7$ = 0·00506 P = 27·5%
insgesamt: 70·5%

Der Chlorophyllrückstand löst sich ungemein leicht in Aceton, d. h. selbst bei Bereitung einer konzentrierten Lösung (1 *g* des Rückstandes von Efeurohchlorophyll in 50 cm^3) ist in einer Minute alles in Lösung übergegangen. Um sicherzustellen, ob vielleicht bei Gegenwart des Chlorophylls nicht irgend eine Adsorption der farblosen Lecithine durch das Chlorophyll erfolgt, mengten wir (und das vor der Abdampfung) die Lecithine zu dem letzteren. Hierauf wurde mit Aceton digeriert, bis sich die neuen Partien desselben nicht mehr färbten (dreimal während einer Minute) und in dieser acetonischen Digestion der Phosphor bestimmt.

Belege:

350 cm^3 alkoholischen Chlorophylls, welche 0·00545 *g* Phosphor entsprechen, wurden 50 cm^3 alkoholischer Lecithinlösung hinzugefügt, entsprechend 0·0917 *g* Phosphor; dieses Gemenge wurde abgedampft und mit Aceton digeriert.

Die acetonigen Partien wurden abgedampft und der Phosphor bestimmt. Es wurden 0·0462 *g* $Mg_2P_2O_7$ abgewogen, das ist 0·0128 *g* Phosphor. Ziehen wir den Chlorophyllphosphor (0·0128—0·0054) ab, so bleiben aufs Lecithin 0·0074 *g* Phosphor übrig, d. h. es sind somit 8·1% farblosen Lecithins in das Chlorophyll übergegangen. Berücksichtigen wir aber die Summe des Chlorophyll- und Lecithinphosphors in dem Gemenge vor der acetonischen Digestion, d. i. 0·0971 *g* P und den in das Aceton übergegangenen Phosphor, d. h. 0·0128 *g*, so finden wir, daß von demselben bloß 13·3% übergegangen sind, d. i. eine Abnahme im acetonigen Teile von 86·7% P. Wenn wir jedoch unsere Chlorophyllrückstände mit Aceton digerierten, fanden wir, daß der Phosphor im Acetonteil nicht abnahm, sondern im Gegenteil prozentuell auf die Trockensubstanz, zugenommen hatte.

Bei 30° C. wurden sodann 500 cm^3 Chlorophyllbenzollösung abgedampft, der Rückstand 5mal im Laufe von 24 Stunden digeriert (die Digestionswässer wurden jenen hinzugefügt, in welchen wir, wie wir weiter ausführen werden, das Phytin bestimmen wollten). Diese Wässer waren nur schwach gelb verfärbt. Der Rückstand wurde in absolutem Äthylalkohol aufgelöst und diese Lösung mit Benzol ausgeschüttelt.

Die benzolige Partie wurde bei 30° C. abgedampft und mittels Acetons digeriert, die zweite acetonige Partie, welche nur wenig grün verfärbt war, wurde nicht zu der Hauptpartie hinzugefügt. Die acetonige Hauptpartie wurde abgedampft und im Rückstande der Phosphor bestimmt.

Belege:

I. 1·129 *g* Rohchlorophylls. Abgewogen 0·0163 *g* $Mg_2P_2O_7 = 0·0045\,g$ P, d. i. 0·4% P.

Der Phosphorgehalt stieg durch diese Operation von 0·31% in der ursprünglichen benzoligen Lösung auf 0·4%, d. i. fast um ein Drittel. Wir dürfen allerdings nicht übersehen, daß wir durch die Lösung in Aceton auch andern Reinigungsoperationen zuvorgekommen sind, durch welche verschiedene Verunreinigungen beseitigt wurden, keineswegs aber eventuell das farblose Lecithin, und daß durch die Verringerung der Quantität des Rückstandes der Phosphorgehalt relativ gestiegen ist. Deshalb unternahmen wir nachstehenden Parallelversuch: Wir dampften bei 30° C. je einen Liter benzoliger Lösung ab. Der Rückstand wurde in einem Falle neuerdings in Benzol gelöst, im zweiten mit Aceton digeriert und in beiden Fällen der Phosphor bestimmt.

Belege:

I. 5·736 *g* des Benzolrückstandes.
Abgewogen 0·07 *g* $Mg_2P_2O_7 = 0·0195\,g$ P, d. i. 0·33% P.

II. 5·710 *g* des Acetonrückstandes.
Abgewogen 0·0636 *g* $Mg_2P_2O_7 = 0·0177\,g$ P, d. i. 0·31% P.

Dieses unbedeutende Sinken des Phosphorgehaltes im Acetonrückstande kann keinerlei Einfluß auf die Deduktion über die Abwesenheit der farblosen Lecithine haben, nachdem vom Lecithinphosphor bei so kurzer Digestion (p. 542) mit Aceton, 7% übergingen, während aus den angeführten Belegen klar ist, daß vom Phosphor des Rohchlorophylls 94% in die Acetonlösung übergegangen sind. Mit Rücksicht auf diese Beweise über die Abwesenheit der farblosen Lecithine ist die Erkenntnis interessant, zu der Just gelangt ist, nämlich, daß die ursprünglichen alkoholischen Extrakte der grünen Blätter

eine Reaktion mit alkoholischen Lösungen von Chlorplatinsäure gaben, während die alkoholische Lösung des, bereits von uns in der in dieser Arbeit wiederholt beschriebenen Weise gereinigten Rohchlorophylls (die ursprüngliche alkoholische Lösung wurde mit Benzol ausgeschüttelt, die benzolige Partie abgedampft und in absolutem Alkohol gelöst), diese Reaktion nicht mehr lieferte. Die also eventuell vorhandenen farblosen Lecithine würden demnach aus den alkoholischen Extrakten in den benzoligen Anteil nicht übergehen.

B. Beweis der Abwesenheit von Phytin.[1]

Um festzustellen, ob der vorhandene Phosphor im benzoligen Anteil des alkoholischen Rohchlorophyllextrakts nicht Phytinphosphor ist, oder eventuell die Menge dieses Phytinphosphors quantitativ zu bestimmen, sind wir in folgender Weise vorgegangen:

Der Rückstand, der nach dem Abdampfen (560 cm^3 der benzoligen Rohchlorophyllösung) des Benzols zurückblieb, wurde achtmal mit Wasser, hernach achtmal mit stark verdünnter Salzsäure digeriert. Zur sauern Digestion wurde Natriumacetat hinzugefügt. Die wässerige Digestion (es wurden auch die Waschwässer, die bei der Beweisführung über das Fehlen des farblosen Lecithins gewonnen wurden hinzugefügt) hatte einen etwas gelblichen Stich, während die saure Digestion einen Stich ins Grüne zeigte. Beide wurden hierauf vereinigt, in einen kleineren Teil Kupferacetat hinzugetan, doch es trat weder ein Niederschlag, noch überhaupt eine Trübung ein. Um sicherzustellen, ob überhaupt Phosphor in dieser sauern Digestion vorhanden ist, wurde der restliche Teil der Lösung im Wasserbade abgedampft, der Rückstand mit Soda und Salpeter verbrannt und hierauf nach Ansäuerung und Konzentration, Molybdensolution hinzugefügt. Weder nach 3stündigem Erwärmen (60 bis 70°), noch über Nacht entstand eine Trübung. Es war also weder Phytin noch irgend eine phosphorhaltige, im Wasser lösliche Substanz vorhanden, so, wie es vorauszusetzen war, da es sich doch um einen alko-

[1] Posternak, Comptes r., p. 202, 337, 439 (1903).

holischen Blätterextrakt handelte, in den nur schwer Phytin übergehen könnte.

Resumé.

Nachdem sich physiologisch nachweisen läßt, daß eine bestimmte Beziehung zwischen der Bildung des Chlorophylls und der Gegenwart des Phosphors in der Pflanzenzelle besteht:

da sich ferner der Phosphor immer im alkoholischen, eventuell im benzoligen Extrakte der grünen Blätter, und zwar in nicht unbedeutenden Mengen vorfindet und er weder den anorganischen, phosphorhaltigen Beimengungen, noch auch den farblosen Phosphatiden angehört, so können wir daraus schließen, daß der Phosphor einen wichtigen Bestandteil des Chlorophylls bildet.

In dem teilweise gereinigten Rohchlorophyll wurde ferner eine dem Cholin nahestehende Base und Glycerinphosphorsäure nachgewiesen.

Der gesamte vorhandene Phosphor ist nicht bloß an Glycerin gebunden. Auch das festgestellte quantitative Verhältnis N : P oder Pt : P entspricht nicht dem theoretischen Verhältnisse des einfachen Lecithinmoleküls.

Es gehört daher anscheinend das Chlorophyll — als ein Komplex einzelner seiner Pigmente — zu jener großen Gruppe von Phosphatiden, in welchen auch die Kohlenhydrate (Winterstein und Hiestand[1]) eine solche Komponente bilden und das Magnesium (Willstätter) und vielleicht das Kalium in seiner physiologischen Bedeutung ergänzen.

[1] Winterstein und Hiestand, »Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Phosphatide«, Zeitschr. für physiolog. Chemie, Bd. LIV, p. 326.

Die Reindarstellung des Chitins aus Boletus edulis

von

Emil Scholl.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der k. k. Universität in Wien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. Juli 1908.)

I.

E. Winterstein[1] wirft in einer Arbeit über die Membranen der Pilze die Frage auf, ob sich das Chitin aus den Membranen der Pilze rein darstellen läßt, und kommt auf Grund der von ihm angestellten Versuche zu dem Ergebnis, daß dies vorläufig nicht möglich sei. »Die Pilze enthalten zweifellos einen Chitinkörper; derselbe ist aber stets von Kohlehydraten begleitet, die sich zum Teile leicht durch verdünnte Säuren oder Alkalien ausziehen lassen, daneben finden sich aber auch solche, welche erst durch konzentrierte Schwefelsäure leicht in Lösung gebracht und hierbei hydrolysiert werden.«

E. Gilson[2] stellte allerdings aus *Agaricus campestris* einen Körper dar, der in seiner Elementarzusammensetzung gut mit Chitin übereinstimmt, macht aber leider über das Verhalten seines Präparates gegenüber konzentrierten Alkalien keine Angaben und findet es bei der Darstellung dieser Substanz aus *Boletus* nicht für notwendig, eine Elementaranalyse durchzuführen. Im übrigen kommt er zu ähnlichen Resultaten wie E. Winterstein.

---

[1] E. Winterstein, Zur Kenntnis der in den Membranen der Pilze enthaltenen Bestandteile (II. Abhandlung). Zeitschrift für physiol. Chemie, *21*, 134.

[2] E. Gilson, siehe »Chemie der höheren Pilze«, Monographie von Dr. Jul. Zellner, p. 129; und E. Winterstein, l. c.

In jüngster Zeit hat sich mit der Frage der Gewinnung von Chitin aus Pilzen K. S. Iwanoff[1] beschäftigt. Er erhielt aus Membranen, die er aus *Boletus edulis* gewann, bei der hydrolytischen Spaltung mit Salzsäure nur etwa 40% salzsaures Glucosamin anstatt 75 bis 90%, und er gelangte zur Schlußfolgerung: »Die Analysen der Zellmembranen der Pilze ergaben in Bestätigung der Entdeckungen von E. Winterstein und E. Gilson die Gegenwart von Chitin, wobei anscheinend das Chitin mit einer nicht näher bestimmten stickstoffreichen Substanz verbunden ist.«

Gelegentlich einer Untersuchung über tierisches Chitin, die O. v. Fürth gemeinsam mit mir durchführte, machte ich die Wahrnehmung, daß das tierische Chitin in seinem Verhalten gegenüber konzentrierten Alkalien wesentlich andere Eigenschaften zeigt als die sogenannte Pilzcellulose. Beide ergeben aber die gleichen Spaltungsprodukte: Glucosamin und Chitosan.

Verfolgt man die ziemlich umfangreiche Literatur über das tierische Chitin, so wird man gewahr, daß man es, obwohl über die Konstitution dieses Körpers nur sehr wenig bekannt ist, mit einer Substanz von charakteristischen Eigenschaften zu tun hat. Unter anderem ist Chitin verschiedenster Herkunft immer in konzentrierten Alkalilösungen selbst nach tagelangem Kochen unlöslich. Wesentlich anders verhalten sich die von E. Winterstein[2] hergestellten »Pilzcellulosepräparate«. »Sie lösten sich zum großen Teile in kalter, verdünnter, fünf- bis zehnprozentiger Lauge.« Sie gaben nach der hydrolytischen Spaltung durch Salzsäure erst nach der Dialyse durch Pergamentschlauch Krystalle von salzsaurem Glucosamin etc.

Behandelt man feingepulverte, lufttrockene Pilze nach der Extraktion mit Alkohol, Äther und Wasser mit 5 bis 6% Lauge, so tritt zwar teilweise Lösung ein, jedoch enthält die Lösung keinen mit Chitin identischen Körper. Es fällt nun schwer, anzunehmen, daß die von Winterstein erhaltenen Präparate in

[1] K. S. Iwanoff, Über die Zusammensetzung der Eiweißstoffe und Zellmembranen bei Bakterien und Pilzen. Beiträge zur chem. Physiologie und Pathologie, Bd. I, p. 524.

[2] E. Winterstein, Zur Kenntnis der in den Membranen der Pilze enthaltenen Bestandteile (I. Abhandlung); Zeitschrift für physiol. Chemie, *19*, 537.

ihrer Zusammensetzung primär der Zusammensetzung der Pilzmembranen entsprechen, denn Winterstein ließ auf die Pilze Säuren und starke Oxydationsmittel, wie das Schulze'sche und Hofmeister'sche Gemisch, einwirken. Nun zeichnet sich aber gerade Chitin durch Indifferenz gegen Alkalien und leichte Angreifbarkeit durch Säuren aus. Diese letzteren Eigenschaften des Chitins gaben daher einen Fingerzeig, auf welchem Wege es möglich sein kann, aus Pilzen Chitin zu gewinnen, wenn die Membransubstanz der Pilze überhaupt mit dem Chitin identisch ist.

Kocht man die fein zerriebenen Fruchtkörper (Strünke und Hüte) von *Boletus edulis* abwechselnd mit Wasser und zehnprozentiger Kalilauge und schließt die Einwirkung von Säuren, die Hydrolyse herbeiführen könnten, aus, so gelangt man, wie weiter unten gezeigt wird, zu reinem Chitin, also auf einem relativ sehr einfachen Wege.

Interessant hierbei ist, daß bereits Braconnot[1] im Jahre 1811, zu einer Zeit also, wo das Chitin noch nicht bekannt war (es wurde erst 1823 von Odier in den Flügeln von Insekten und im Panzer von Crustaceen entdeckt),[2] durch Auspressen der frischen Pilze und Behandeln des Rückstandes mit Wasser, Alkohol und verdünnten Alkalien zu einer mehr oder weniger weißen, weichen, elastischen, geschmacklosen Masse gelangte, die er Fungin nannte. Inwieweit dieses Fungin, das auf dieselbe Weise wie das von mir gewonnene Chitin dargestellt wurde, wirklich mit dem Chitin übereinstimmt, bin ich nicht anzugeben in der Lage, da mir die Originalarbeit nicht zugänglich war.

Jedenfalls wurde der von Braconnot eingeschlagene Weg, wohl auf die Autorität Payen's hin, verlassen, und von da ab gebrauchten fast alle Untersucher von Pilzen etwa folgende Darstellungsmethode. Die Pilze wurden mit Alkohol und Äther extrahiert, hierauf mit Wasser, verdünnten Säuren

---

[1] Siehe E. Winterstein, l. c., und »Chemie der höheren Pilze« von Zellner, p. 123.

[2] Otto v. Fürth, Vergleichende chem. Physiologie der niederen Tiere, p. 471.

und Alkalien behandelt, dann folgte eine oft wochenlange Einwirkung von Schulze'schem oder Hofmeister'schem Gemisch in der Kälte. Es trat also, nachdem einmal Payen nach seiner Methode Analysenresultate erhalten hatte, die auf Cellulose gut stimmten, die Tendenz zutage, die Anwesenheit von Cellulose, respektive ihr verwandter Kohlehydrate anzunehmen und die Bemühungen aller Untersucher bis Gilson und Winterstein liefen darauf hinaus, die vermutete, aber durch die gewöhnlichen Reaktionen nicht nachweisbare Cellulose aufzufinden. Selbst De Bary,[1] dem die Eigenschaft der Pilzmembranen auffiel, daß sie nach dem Behandeln mit Kalilauge und darauffolgendem Digerieren mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure die charakteristische Jodreaktion der Cellulose nicht zeigten, ebenso wie sie in Kupferoxydammoniak unlöslich waren, glaubte höchstens annehmen zu dürfen, daß eine besondere Form der Cellulose vorliege, die er Pilzcellulose nannte.

Gegen De Bary's Annahme einer Pilzcellulose wandte sich C. Richter[2] in einer vom Standpunkt meiner Untersuchung bemerkenswerten Arbeit, die im hiesigen Institut durchgeführt wurde. Er ließ verschiedene Pilze, darunter *Polyporus Ribes* und *fomentarius* einige Wochen in Kalilauge liegen und erhielt dann Violett- und Blaufärbungen nach der Einwirkung von Chlorzinkjod. Daraus folgerte er, daß die Membranen der Pilze aus Cellulose bestehen. Gilson's und Winterstein's Arbeiten erschienen erst einige Jahre später, die Annahme war mithin begreiflich. In Wirklichkeit dürfte auch C. Richter Chitin in Händen gehabt haben. Allerdings gibt weder die Pilzcellulose nach Winterstein, noch das von mir aus *Boletus edulis* dargestellte Chitin blaue oder blauviolette Färbungen mit Chlorzinkjod, doch ist es immerhin möglich, daß das Chitin aus obigen Pilzen die genannten Färbungen zeigt, wie ja auch tierisches Chitin keine einheitliche Reaktion mit Jod liefert.

---

[1] E. Winterstein, l. c.

[2] C. Richter, Beiträge zur genaueren Kenntnis der chemischen Beschaffenheit der Zellmembranen bei den Pilzen. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. in Wien, 83. Bd., p. 494.

Entgegen den Feststellungen aller dieser Autoren glaube ich, wie ich weiter unten auseinandersetzen werde, den Nachweis erbracht zu haben, daß die Membranen aus *Boletus edulis* aus reinem Chitin, das die Eigenschaften des tierischen Chitins zeigt, in höchstens ganz lockerer Bindung mit einem stickstofffreien Kohlehydrat bestehen und daß dies wahrscheinlich für alle chitinhältigen Pilze gilt, was in einer folgenden Arbeit nachzuweisen versucht werden soll.

II.

Experimenteller Teil.

Als Ausgangsmaterial verwendete ich die getrockneten Hüte und Strünke von *Boletus edulis*. Die sehr reinen Pilze stammten von einem Händler in Eisenstein im Böhmerwald.

Die lufttrockenen Pilze wurden fein gepulvert und mit der 20fachen Menge Wasser so oft ausgekocht, bis das Filtrat nahezu farblos ablief. Die beim Erkalten schleimig werdende Masse filtrierte an der Pumpe sehr langsam. Die Operation ließ sich durch die Anwendung gehärteter Filter beschleunigen. Am besten verfährt man so, daß nach einigen Stunden Absaugens die am Filter stehende Flüssigkeit vorsichtig abgegossen wird und die an das Filter angepreßte Substanz in eine Schale geblasen. Der Abguß wird neuerlich auf das gereinigte Filter gebracht und der Vorgang so oft wiederholt, als noch Flüssigkeit am Filter steht. Bei der Anwendung gehärteter Filter ist überdies eine Verunreinigung der Substanz durch Papierfasern vollkommen ausgeschlossen. Das Auskochen und Filtrieren von 1000 *g* Pilzen auf zwei Saugtrichtern von 18·5 *cm* Durchmesser nahm trotzdem einige Wochen in Anspruch. Die Anwendung der 20fachen Wassermenge ist unbedingt geboten. Arbeitet man mit weniger Wasser, so stellen sich dem Filtrieren unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Nach dem Auskochen mit Wasser bleibt ein gelblichgrauer Rückstand, der unter dem Mikroskop die Elemente der Pilzmembran deutlich erkennen läßt.

Diese so erhaltene Masse wurde mit der zehnfachen Menge Kalilauge (1:10) übergossen und wenigstens eine Stunde lang

gekocht. Beim Erwärmen trat fast sofort unter ziemlich starker Ammoniakentwicklung Dunkelbraunfärbung auf. Das Reaktionsgemisch ließ sich jetzt sehr leicht filtrieren. Der Rückstand wurde möglichst gut abgepreßt und nun so lange mit Wasser ausgekocht, bis das Filtrat nicht mehr gefärbt ablief. Nach drei- bis viermaligem Kochen erhielt ich ein licht weingelbes Filtrat. Der Vorgang, abwechselndes Auskochen mit Lauge und Wasser, mußte zirka viermal wiederholt werden. Nach dem letztmaligen Auskochen mit Kalilauge lief das Filtrat weingelb ab und gab mit Säure keine Trübung mehr. Die Substanz wurde noch mehrmals mit Wasser gewaschen und stellte dann eine gelblichgraue, plastische, mit Wasser aufquellende Masse dar. Unter dem Mikroskop ließ sich das Scheinparenchym noch deutlich erkennen. Die feuchte Masse färbte sich mit Chlorzinkjod gelb, mit Jodjodkalium braun, ebenso mit Jod und Schwefelsäure. Das Präparat war in Kupferoxydammoniak stärkster Konzentration vollkommen unlöslich, ebenso beim Behandeln mit konzentrierter Kalilauge in der Siedehitze.

Die Substanz wurde zur weiteren Reinigung mit einer einprozentigen Lösung von Kaliumpermanganat zu einem dünnen Brei angerührt und bis zur vollkommenen Umwandlung des Kaliumpermanganats in Mangansuperoxyd stehen gelassen. Die braune Masse wurde dann abgesaugt und mit äußerst verdünnter Salzsäure (1:40) erwärmt. Das Mangansuperoxyd ging in wenigen Minuten in Lösung und es blieben die fast weißen Membranen des Pilzes zurück. Zur Entfernung der Salzsäure wurde wiederholt mit Wasser behandelt. Die letzten Reste der Säure ließen sich nur sehr schwierig entfernen.

Da die Substanz kleine Anteile eines harzartigen Körpers enthielt (Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure gaben die bekannte Violettfärbung), wurde zuerst mit 96prozentigem Alkohol, dann mit absolutem Alkohol je dreimal erwärmt und der Alkohol durch wasserfreien Äther entfernt.

Nach dem Absaugen des Äthers wird das Präparat im luftverdünnten Raume über Schwefelsäure und später bei 40° im Wassertrockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Man erhält auf diesem Wege aus 1000 *g* lufttrockenen Pilzen 50 bis 60 *g* Rückstand, mithin 5 bis 6%.

Die getrocknete Substanz besteht aus hellgrau gefärbten Krümeln, die selbst bei andauerndem Kochen in konzentrierter Kalilauge unlöslich sind. Schwefelsäure löst unter starker Braunfärbung. Die Lösung reduzierte nach dem Verdünnen mit Wasser sehr stark Fehling'sche Lösung.

Treibt man die Reste von absolutem Alkohol am Wasserbad ab, anstatt nachher mit Äther zu behandeln, so erhält man die Substanz in mehr oder weniger großen, äußerst zähen Stücken, die sich wegen ihrer Zähigkeit nicht zerkleinern ließen. Auffällig ist hierbei der Umstand, daß die der Glasschale anliegenden Teile spiegelglatt sind und rötlichbraun gefärbt, so daß die Substanz, wenigstens an diesen Stellen, dem Aussehen nach auffällig an tierisches Chitin erinnert.

Die Elementaranalyse des oben beschriebenen Körpers ergab folgende Resultate.

I. Bestimmung des Kohlen- und Wasserstoffes.

1. 0·3622 *g* Substanz gaben .... 0·2037 *g* H_2O,
   0·6012 CO_2,
   0·0097 Asche = 2·68%

   Mithin ergaben 0·3525 *g* aschenfreier Substanz

   H ..... 6·41%
   C ..... 45·51

2. 0·3651 *g* Substanz gaben .... 0·2050 *g* H_2O,
   0·6007 CO_2,
   0·0095 Asche = 2·60%

   Mithin ergaben 0·3556 *g* aschenfreier Substanz

   H ..... 6·40%
   C ..... 46·07

II. Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl.

1. 0·8634 *g* Substanz, 0·8406 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, verbrauchten 35·9 *cm*³ $^1/_{10}$norm. H_2SO_4,

   d. s. 0·0526 *g* N = 5·98% N.

2. 0·7758 *g* Substanz, 0·7553 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, verbrauchten 32·0 *cm*³ $^1/_{10}$norm. H_2SO_4,

   d. s. 0·0448 *g* N = 5·93% N.

3. 0·8525 *g* Substanz, 0·8300 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, verbrauchten 35·8 *cm*³ $^1/_{10}$norm. H_2SO_4,

d. s. 0·0501 *g* N = 6·04% N.

III. Volumetrische Stickstoffbestimmung nach Dumas.

1. 0·227 *g* Substanz, 0·221 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, gaben bei 742 *mm* Luftdruck und 16° Temperatur 11·9 *cm*³, d. s. 0·01351 *g* N bei 760 *mm* und 0° = 6·11% N.

2. 0·3255 *g* Substanz, 0·3169 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, gaben bei 742 *mm* Luftdruck und 16° Temperatur 17·0 *cm*³ N, d. s. 0·0193 *g* N bei 760 *mm* und 0° = 6·08% N.

Die Resultate stellen sich folgendermaßen dar:

Nummer der Analyse	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff		Asche
			n. Kjeldahl	nach Dumas	
	in Prozenten				
1	46·51	6·41			2·68
2	46·07	6·40			2·60
1			5·98		
2			5·93		
3			6·04		
1				6·12	
2				6·08	

Vergleicht man die in nachfolgender Tabelle erhaltenen Analysenresultate von E. Winterstein, K. S. Iwanoff und den von mir gefundenen Zahlen einerseits mit den Analysenzahlen tierischen Chitins andrerseits, so ist die Übereinstimmung meiner Resultate mit den Zahlen aus den Analysen von tierischem Chitin eine sehr gute, obwohl ich etwas weniger Stickstoff fand als folgende Analysen für Chitin angeben.

Art der Substanz	Autor	C	H	N	Asche	Anmerkung
		in Prozenten im Mittel der Analysen				
Pilzcellulose aus *Boletus edulis*	E. Winterstein[1]	43·49	6·37	3·61	4·55	
	K. S. Iwanoff[2]	—	—	3·07	0·80	
Chitin aus *Boletus edulis*	nach meinem Verfahren dargestellt	46·29	6·41	6·03	2·64	Die Stickstoffbestimmung im Mittel von fünf Analysen
Tierisches Chitin	nach K. S. Iwanoff[2]	46·21	6·28	8·22	—	
	nach O. v. Fürth[3]	46·37	6·48	6·42	—	Mittel von fünf Analysen

Um mich von der Reinheit der erhaltenen Präparate zu überzeugen, versuchte ich nach der von E. Winterstein[1] angegebenen Methode etwa gebildete stickstofffreie Kohlehydrate, respektive Glucose als Osazone zu isolieren. Der Versuch ergab die vollkommene Reinheit meiner Substanz.

Ich verfuhr folgendermaßen:

10 *g* Substanz wurde mit 25 *g* konzentrierter Schwefelsäure übergossen und über Nacht stehen gelassen. Hierauf wurde stark mit Wasser verdünnt und zirka 5 Stunden gekocht. Nach dem Erkalten neutralisierte ich mit Bariumcarbonat. Das Filtrat war schwach gelb gefärbt und reduzierte sehr stark Fehling'sche Lösung. Nach dem Eindampfen zur Sirupkonsistenz wurde zweimal mit 96prozentigem Alkohol ausgezogen. Die gesammelten Filtrate wurden in einer Glasschale

[1] E. Winterstein, l. c.
[2] K. S. Iwanoff, l. c.
[3] O. v. Fürth, l. c.

im Exsikkator zum Verdunsten hingestellt. Nach dem Abdunsten des Alkohols konnten weder makroskopisch noch mikroskopisch Krystalle von Glucose nachgewiesen werden. Versuche zur Herstellung eines krystallisierten Osazons mit essigsaurem Phenylhydrazin blieben ebenfalls erfolglos.

Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit des Befundes, daß es sich bei dem aus *Boletus edulis* gewonnenen Präparat um reines Chitin handelt, glaube ich durch folgende Versuche erbracht zu haben.

Bei der Hydrolyse des Chitins mit Salzsäure erhält man bekanntlich als Spaltungsprodukt das schön und leicht krystallisierende Glucosamin. Ledderhose[1] stellt es aus entkalkten Hummerschalen durch Zerkochen mit konzentrierter Salzsäure und Abdampfen, bis sich an der Oberfläche Krystalle bilden, dar. Er erhält das salzsaure Glucosamin auf diesem Wege in einer Ausbeute von 70 bis 75%.

E. Winterstein[2] versuchte mit seinen aus *Boletus edulis* erhaltenen Präparaten obigen Weg einzuschlagen. Er erhielt eine dunkelgefärbte Flüssigkeit, aus der sich schwarze, humose Massen ausschieden. Das Filtrat, zum Krystallisieren eingedampft, ergab keine Krystalle von salzsaurem Glucosamin. Ihm gelang es erst, das krystallisierte Spaltungsprodukt zu erhalten, nachdem er das Filtrat von den schwarzen, humosen Massen der Dialyse durch Pergamentschlauch unterwarf.

K. S. Iwanoff[3] stellte nach demselben Verfahren salzsaures Glucosamin aus *Boletus edulis* dar und erhielt etwa 40% Ausbeute.

Vollkommen verschieden von den Angaben E. Winterstein's und K. S. Iwanoff's verlief bei meinen Präparaten die Hydrolyse.

Ich erhielt beim Übergießen der Substanz mit konzentrierter Salzsäure nach dem Erwärmen auf dem Wasserbad eine

[1] Ledderhose, Über Chitin und seine Spaltungsprodukte. Zeitschrift für physiol. Chemie, *2*, 213 bis 227.

[2] E. Winterstein, l. c.

[3] K. S. Iwanoff, l. c.

dunkelbraun gefärbte Lösung, die nach dem Verdünnen mit Wasser filtriert wurde. Am Filter blieb ein sehr geringer, dunkelbrauner Rückstand zurück. Das Filtrat wurde konzentriert und lieferte beim Stehen über Nacht, also ohne Dialyse, eine reichliche Menge gut ausgebildeter, schwach gelb gefärbter Krystalle, die sich in Wasser leicht lösten und aus dieser Lösung farblos krystallisierten. Die Krystalle sind hart, haben bittersüßen Geschmack und zeigen sämtliche von E. Winterstein und K. S. Iwanoff angegebene Reaktionen.

Das von mir aus *Boletus edulis* dargestellte Präparat ist so rein, daß sich obige Reaktion auch mikroskopisch durchführen läßt.

Einige Hundertelgramme Substanz wurden im Uhrgläschen mit wenigen Tropfen konzentrierter Salzsäure übergossen und am Wasserbad erwärmt. Es trat Lösung ein. Nach dem vorsichtigen Konzentrieren wurde erkalten gelassen und eine geringe Menge des Rückstandes auf einen Objektträger gebracht. Man sieht bei mäßiger Vergrößerung die prachtvollen und charakteristischen Krystalle von salzsaurem Glucosamin.

Quantitativer Krystallisationsversuch.

1. 9·74 *g* Substanz, 9·48 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, lieferten bei der ersten Krystallisation 7·1 *g* mit Alkohol getrockneter Krystalle von salzsaurem Glucosamin = **74·9%**.

   Die Krystallisation der Mutterlauge ging durch einen Unfall verloren.

2. 10·8 *g* Substanz, 10·51 *g* aschenfreier Substanz entsprechend, lieferten bei der ersten Krystallisation 6·18 *g* Krystalle, bei der zweiten Krystallisation 2·04 *g*, zusammen 8·22 *g* = **78·2%**.

   Die Mutterlauge nach der zweiten Krystallisation ergab beim weiteren Eindampfen keine Krystalle mehr, reduzierte aber noch sehr stark Fehling'sche Lösung.

Ganz ähnlich ist das Verhalten des Körpers bei der Kalischmelze.

25 *g* Chitin aus *Boletus edulis* wurden nach Winterstein in einem Kolben mit 100 *g* Kaliumhydroxyd und wenig Wasser versetzt und hierauf im Ölbad eine Stunde bei 180° erhitzt. Die breiige Masse wurde mit Wasser verdünnt, mit Schwefelsäure fast neutralisiert, der Rückstand abgesaugt und mit Wasser

gewaschen. Weiter verfuhr ich nach Fürth und Russo.[1] Das gewaschene Rohchitosan wurde in verdünnter Essigsäure gelöst und filtriert. Am Filter blieb ein kleiner Rückstand. Das Filtrat wurde gefällt, sehr gut gewaschen, in der kleinsten möglichen Menge Wasser suspendiert und nun tropfenweise verdünnte Salzsäure bis zur Lösung zugesetzt, hierauf mit konzentrierter Salzsäure gefällt. Die Fällung wurde abgesaugt, in wenig heißem Wasser gelöst und nun in der Siedehitze mit so viel konzentrierter Salzsäure versetzt, daß die Lösung gerade noch klar blieb. Dann wurde langsam erkalten gelassen.

Dieses so gewonnene salzsaure Chitosan wurde noch einmal gelöst und gefällt und das erhaltene reine Chitosan zuerst mit Wasser bis zum Verschwinden der alkalischen Reaktion gewaschen und das Wasser dann mit Alkohol verdrängt. Nach dem Trocknen bei 40° erhält man dunkelbraune Krümel, die die Lassaigne-Stickstoffreaktion zeigen. Die salzsaure Lösung reduziert Fehling'sche Lösung nicht und zeigt das von Fürth und mir[2] aufgefundene Verhalten gegen salpetrige Säure.

Versetzte man eine wässerige Lösung von salzsaurem Chitosan tropfenweise mit einer fünfprozentigen Lösung von Natriumnitrit, so trat ohne Entwicklung von salpetriger Säure lebhafte Gasentwicklung ein und man erhielt einen sowohl in verdünnten Säuren, wie verdünnten Alkalien löslichen, in Alkohol unlöslichen Körper.

25 *g* Chitin aus *Boletus edulis* ergaben nach obigem Verfahren 6·6 *g* reines Chitosan. Fürth und Russo[1] erhielten aus 140 *g* trockenen, entkalkten Sepienschulpen unter günstigsten Bedingungen 45 *g* Chitosanchlorhydrat. Nimmt man nach der von Fürth und Russo angegebenen Formel an, daß auf 1 Molekül Chitosan 2 Moleküle Salzsäure kommen, so würden die von mir aus 25 *g* Chitin erhaltenen 6·6 *g* Chitosan 7·7 *g* Chitosanchlorhydrat entsprechen, d. s. 30·8%, während Fürth und Russo zirka 32% erhielten.

[1] O. v. Fürth und Michele Russo, Über krystallinische Chitosanverbindungen aus Sepienschulpen. Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie, *8*, 163.

[2] O. v. Fürth und E. Scholl, Über Nitrochitine. Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie, *10*, 197.

III.

Zusammenfassung.

1. Es ist gelungen, aus *Boletus edulis* (Hüten und Strünken) durch die Einwirkung von 10% Kalilauge in der Siedehitze unter Ausschluß von Säuren oder heftig wirkenden Oxydationsmitteln reines Chitin darzustellen. Die Ausbeute beträgt 5 bis 6% Chitin vom Gewicht der lufttrockenen Pilze.

2. Das erhaltene Chitin verhält sich chemisch genau wie tierisches Chitin. Es ist entgegen den von Gilson, Winterstein u. a. dargestellten Präparaten in konzentrierten Alkalien vollkommen unlöslich, wird hingegen von Säuren unter Hydrolyse leicht angegriffen.

3. Die Hydrolyse mit Salzsäure verläuft unter Bildung von salzsaurem Glucosamin in der von Ledderhose angegebenen Weise, also analog der Hydrolyse des tierischen Chitins. Eine Dialyse nach dem Erwärmen mit Salzsäure wie bei der Pilzcellulose ist nicht notwendig, man erhält aus der konzentrierten Lösung sofort wohlausgebildete Krystalle von salzsaurem Glucosamin. Die Ausbeute beträgt zirka 78% Krystalle, während z. B. K. S. Iwanoff nur zirka 40% erhielt.

4. Als weiterer Beweis der Reinheit des von mir erhaltenen Chitins sei angeführt, daß sich Krystalle von salzsaurem Glucosamin aus dem Chitin von *Boletus edulis* aus einigen Hundertelgrammen Substanz mikrochemisch erhalten lassen.

5. Die Alkalischmelze des Chitins verläuft, quantitativ verfolgt, ähnlich wie beim tierischen Chitin.

6. Die von Gilson, Winterstein, Iwanoff u. a. angenommene feste Verbindung von Chitin mit einem stickstofffreien Kohlehydrat trifft wenigstens für *Boletus edulis* nicht zu.

Die Befunde erklären sich mit großer Wahrscheinlichkeit aus der Darstellungsmethode der »Pilzcellulose«: der mehrwöchentlichen Einwirkung von Säuren in der Kälte, Schulzeschem und Hofmeister'schem Gemisch. Dadurch fand wahrscheinlich sekundär aus dem Chitin die Bildung von Kohlehydraten statt.

7. Die Membranen von *Boletus edulis* bestehen der Hauptmasse nach aus reinem Chitin in höchstens lockerer

Bindung mit stickstofffreien Kohlehydraten. Vom chemischen Befunde abgesehen, geht dies auch aus dem mikroskopischen hervor. Das Scheinparenchym war selbst nach dem vierten Auskochen mit Kalilauge noch erkennbar.

8. Es wird der Vorschlag gemacht, die Bezeichnung »Pilzcellulose« im Sinne De Bary's fallen zu lassen, um Ungenauigkeiten vorzubeugen und für alle Fälle, wo das Bestehen der Membranen aus Chitin noch nicht einwandfrei nachgewiesen ist, von Fungin im Sinne Braconnot's zu sprechen.

Die Ausdehnung meiner Versuche auf verschiedene andere Pilze nach dem von mir angegebenen Verfahren behalte ich mir vor.

Schließlich sei es mir noch gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Prof. Dr. Julius Wiesner für seine vielfachen Anregungen und Unterstützungen meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Copepodentypen.

(Betrachtungen über Körperbau und Lebensweise)

von

Dr. **Otto Pesta.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. Juli 1908.)

Die interessanten Beobachtungen über die Schwimmart von *Diaptomus* im Gegensatze zu jener von *Cyclops*, die A. Graeter in seiner Publikation: »Die Copepoden der Umgebung von Basel« (Revue Suisse de Zoologie, Tom. XI, 1903) mitgeteilt hat, veranlaßten mich, Körperbau und Lebensweise der Copepoden einem Vergleiche zu unterziehen. Wie bekannt, weisen die Formen dieser Crustaceenordnung alle Übergänge von pelagisch-freischwebender Lebensweise bis zur parasitischen auf; es müssen sich daher auf Grund der Korrelation zwischen dieser und dem Körperbau die korrespondierenden morphologischen Abänderungen ausfindig machen lassen. Ich muß hier hervorheben, daß die Ausdrücke »Körperbau« und »Lebensweise« stets in der Bedeutung »Habitus« und »Bewegungsart« gemeint sind. Es lag mir überhaupt bei der Wahl dieses Themas ferne, dasselbe in einzelnen, detaillierten Ausführungen zu erschöpfen, sondern es soll vielmehr ein Übersichtsbild erlangt werden, wie es die Familien der Copepoden ergeben, wenn wir sie mit Rücksicht auf die eben genannte Wechselbeziehung Revue passieren lassen. Auf die Arten eines Genus einzugehen, wie dies Graeter für *Cyclops* getan hat, liegt daher nicht im Rahmen dieser Ausführungen, ausgenommen jene Fälle, die mir besonders beachtenswert erschienen.

Zunächst stelle ich die Frage: Welche Copepoden werden einem freien Schweben im Wasser (nicht Schwimmen!) am besten angepaßt sein? Die erste Bedingung, daß der Körper nicht zu schwer sei, ist schon durch die geringe Größe der Formen erfüllt; da es aber nicht beim Schweben an einer bestimmten Stelle allein bleibt, sondern der Krebs seinen Standpunkt zeitweise verändert, so muß mit dem geringen spezifischen Gewichte eine schlanke, gedrungene Gestalt verbunden sein, um bei einer Bewegung den Widerstand des Wassers möglichst leicht zu überwinden. Ein plumper, kurzer Körper wird dieser Grundforderung von vorneherein nicht nachkommen können. Die Dimension der Längsachse muß jene der Querachse jedenfalls überragen. Aus denselben Gründen ist es weiterhin notwendig, daß die Beweglichkeit der Körpersegmente zueinander auf ein Minimum eingeschränkt wird und nur für jenen Abschnitt ganz erhalten bleibt, welcher als Steuer oder auch aktiv der Bewegung dient. Der Körper eines eupelagisch lebenden Copepoden wird daher stets zwei deutlich getrennte Regionen, Vorder- und Hinterrumpf, erkennen lassen. Zur Überwindung der Wirkung der Schwerkraft, welche beim Beginn des »Schwebens« sich zu äußern anfängt, muß eine hemmende Gegenkraft geschaffen werden. Letztere ist dann vorhanden, wenn am Körper für Einrichtungen zur Herstellung einer möglichst großen Reibung gesorgt ist. Mit dieser Aufgabe sind bei den Copepoden die ersten Antennen betraut; ihre relative Länge sowie ihr Borstenkleid gibt ein wichtiges Habitusmerkmal zur Beurteilung der Lebensweise des betreffenden Typus. Schwebeformen werden daher mit langen, reich beborsteten Vorderantennen versehen sein. Endlich kämen noch die aktiven Bewegungsorgane in Betracht. Als solche können außer den Thoraxbeinen auch die ersten Antennen und die Furca funktionieren. Hier sei nur betont, daß diese drei Organkomplexe nach der Größe ihrer Inanspruchnahme wieder in eigenen Wechselbeziehungen zueinander stehen werden. Ich gehe nun zur Besprechung der Veränderungen über, die mit der Anpassung an die eigentlich »schwimmende«, litorale, kriechende und parasitäre Lebensweise auftreten und

stelle als zweite Frage folgende: Welche Körperorganisation wird einem zwar frei im Wasser sich bewegenden, aber nicht »schwebenden« Copepoden, eigentümlich sein? Aus den Graeter'schen Ausführungen geht hervor, daß eine Verkürzung der ersten Antennen das zum pelagischen Schweben nötige »Drehungsmoment« mehr und mehr unmöglich macht. Ein solcher Copepodenkörper wird sich nicht mehr in die vertikale Lage, mit dem Kopfe nach oben, einstellen, sondern in die horizontale (beim Aufhören aktiver Bewegung!). Diese »Verlagerung« wird durch ein Längerwerden des Hinterkörpers im Verhältnis zum Vorderrumpf und durch eine größere Entwicklung der Furca und ihrer Anhänge unterstützt. Zur Anpassung an eine kriechende Lebensweise kommt noch eine flächenhafte Verbreiterung des Körpers in dorso-ventraler Richtung hinzu, wie sie ja für viele Grundformen aus anderen Klassen des Tierreiches charakteristisch ist. Vorder- und Hinterrumpf verlieren ihre scharfe Grenze und die Segmente nehmen gleichmäßig an Größe ab. Zum Schlusse wäre noch die Masse der parasitischen Copepoden zu besprechen. Daß dieselben einen einheitlichen Typus darstellen, wird nach dem Gesagten von vorneherein ausgeschlossen sein. Viele verbringen ein ziemlich freies Leben und halten sich nur zeitweise auf ihren Wirten auf; andere sind stationär. Insbesondere bei den letzteren ändert sich die Lebensweise von Fall zu Fall. Ich müßte daher Einzelaufzählungen vorbringen, was unvermeidliche Weitläufigkeit und Wiederholung zur Folge hätte. Um aber die Parasiten doch nicht ganz auszuschalten, sollen wenigstens noch jene Familien herangezogen werden, welche Giesbrecht in seiner Monographie der pelagischen Copepoden anführt, und als Abschluß zwei Vertreter von Darmparasiten, die infolge der Ähnlichkeit ihres Baues mit dem Typus der Harpacticiden von Interesse sind.

Eine Tabelle, welche eine Übersicht über die Verteilung der Familien in die verschiedenen Typen bieten soll, befindet sich am Schlusse der Ausführungen. Die beigefügten Abbildungen sind zum größten Teil nach Giesbrecht und Schmeil angefertigt. Leider war es mir dabei nicht möglich, die Tiere in gleicher Vergrößerung zu zeichnen, wodurch dem Verständnis

besser entsprochen worden wäre. Der Fehler wird aber dadurch geringer, als es ja nicht auf absolute Maße, sondern auf relative Verhältnisse ankommt. Letztere sind durch schwarze Kreuze neben den Habitusbildern deutlicher gemacht. Die Längsachse und die dazu senkrecht stehende größte Breite des Körpers sind ausgezogen, die Länge der ersten Antennen punktiert gezeichnet. Soferne Vorder- und Hinterrumpf voneinander getrennt sind, ist die Grenze durch einen kleinen Querstreich auf der Längsachse angedeutet.

A. Gymnoplea.

1. Familie **Calanidae** (Taf. I, Fig. 1, 2).

Alle 26 Gattungen sind als Schwebeorganismen zu bezeichnen. Die Hauptachse des Körpers ist stark in die Länge gezogen und häufig sind die Formen seitlich kompreß, wodurch die ohnehin kurze Querachse noch mehr verschmälert wird. Der Vorderrumpf ist vom Abdomen stets deutlich abgesetzt und im Längenmaß dem letzteren weit überlegen. Von Wichtigkeit ist, daß Kopf und Thorax von kompakter, mehr oder weniger starrer Beschaffenheit, als einheitlicher Komplex einem beweglichen, viel kleineren Anhange, dem Abdomen gegenüberstehen. Dazu kommt die häufige Verschmelzung des ersten Thoraxsegmentes mit dem Kopfe und eine ebenso häufige Vereinigung der beiden letzten Thoraxsegmente. Am Vorderende des Körpers inserieren sich lange erste Antennen, die reichlich mit Borsten besetzt sind und in einzelnen Fällen mächtig ausgebildete distale Fiederborsten tragen.

2. Familie **Centropagidae** (Taf. I, Fig. 3, 5, 6).

Ihre Habitusmerkmale sind dieselben wie die der ersten Familie und ich verweise bloß auf die Abbildungen.

3. Familie **Pseudocyclopidae** (Taf. I, Fig. 8).

Diese artenarme Gruppe weicht vom Typus aller übrigen *Gymnoplea* ab. Wie schon der Name sagt, neigt sie sich in der Körpergestaltung dem Genus *Cyclops* zu und führt auch eine entsprechende Lebensweise. Ich lasse hier einige Worte

Giesbrechts folgen, welche die Bewegungsart von *Pseudocyclops umbricatus* trefflich schildern (»Mitteilungen über Copepoden« in: Mittl. d. zool. Stat. Neapel, 11. Bd., p. 65, Abs. 3): »Die Tiere scheinen träge zu sein; man sieht sie oft lange am Grunde des Glases liegen, ohne irgend eine Bewegung an ihnen wahrzunehmen; oft schieben sie, auf der Seite liegend, sich langsam über den Boden hin, indem sie ihre Mundteile vibrieren lassen und ab und zu eine leichte Biegung mit dem Abdomen machen; dabei liegen auffallenderweise die ersten Antennen nach hinten über den Kopf gebogen; wird das Vibrieren der Mundteile dann kräftiger, so erhebt sich das Tier vom Boden und gleitet langsam durch das Wasser, sich zuweilen um die Längsachse drehend und durch eine Bewegung des Abdomens die Richtung ändernd; hier und da wird das Gleiten durch einen Ruck unterbrochen, hervorgerufen dadurch, daß die Ruderfüße blitzschnell nach hinten geschlagen werden, und wenn letzteres mit der nötigen Kraft geschieht, so wird das Tier dadurch um ein Stück vorwärts geschnellt; durch derartige Rucke wird gewöhnlich auch die Richtung der Bewegung geändert, was das Fangen der Tiere mit der Pipette sehr erschwert. Im ganzen erinnert die Bewegung an die der Mysiden.« *Pseudocyclops* ist in drei Arten vertreten (*obtusatus*, *crassiremis* und *umbricatus*), und zwar sind alle ausgesprochene Küstenbewohner (Küste von Schottland, Firth of Forth und Neapel). Giesbrecht fand *Ps. umbricatus* auf dem Grunde des Golfes, vor Bagnoli, in einer Tiefe von 120 *m* ungefähr. Seiner Behauptung, daß sich der Einfluß der veränderten Lebensweise besonders in der Verkürzung der ersten Antennen und in der mangelhaften Ausbildung der Fiederung an den Schwimmborsten dokumentiere, kann ich nur beistimmen und hinzufügen, daß auch die Körpergestalt als solche auf einen schlechten Schwimmer, keinesfalls aber auf einen »Schwebe«-Organismus hindeutet. Die Pseudocyclopiden werden daher zu jenen »schwimmenden« Formen zu rechnen sein, welche den Übergang zur kriechenden Lebensweise vermitteln. Daß sich durch die veränderte Bewegungsart und die damit verbundene Gestaltsmetamorphose die Feststellung verwandtschaftlicher Beziehungen erschwert, ergibt sich daraus, daß man für

Pseudocyclops den Anschluß im System nicht mit Sicherheit angeben kann, und er nun als eigene Familie eine isolierte Stellung einnimmt.

Die

4. Familie **Candaciidae** (Taf. I, Fig. 4)

und

5. Familie **Pontellidae** (Taf. I, Fig. 7)

schließen die »Gymnoplea« ab. Candace gibt untrüglich die Merkmale der Calaniden wieder und gehört somit zum Typus der »Schweber«. Einen etwas plumperen Eindruck machen die Pontelliden (vergl. Fig. 7 und Fig. 4). Die Länge der ersten Antennen und Kürze des Abdomens kennzeichnen die Formen jedoch als eupelagische.

B. Podoplea.

6. Familie **Cyclopidae** (Taf. I, Fig. 9, Taf. II, Fig. 10, 11).

Die enorme Anpassungsfähigkeit der Mitglieder dieser Familie an die verschiedensten Lebensbedingungen ist bekannt. Ich glaube aber dennoch nachweisen zu können, daß der Bau der Cyclopiden nach einer gemeinsamen Tendenz eingerichtet erscheint, welche nur je nach dem Grade ihrer Entwicklung bald mehr, bald weniger auffallend wird. Dieselbe besteht darin, die Länge von Vorder- und Hinterrumpf möglichst gleich werden zu lassen. Um ihr leichter gerecht zu werden, geht das letzte Thorakalsegment eine engere Verbindung mit dem Abdomen ein, ein Vorgang, welchen Giesbrecht für das System der Copepoden verwertet hat (»Podoplea«). Es handelt sich also um eine Erscheinung, welche bereits von Graeter als die »proximale Wanderung des die beiden Körperteile trennenden Gelenkes« bezeichnet worden ist und jene »Verlagerung« bewirkt, welche den Körper nicht mehr vertikal, sondern horizontal im Wasser schwimmen läßt. Neben dem gemeinsamen Merkmal der Verlängerung des Hinterrumpfes kommen nun weitere Eigentümlichkeiten in verschiedenen Abstufungen und Kombinationen vor. Vor allem ist es die bald deutliche, bald weniger deutliche Abplattung des Cephalothorax in dorso-ventraler Richtung und ein Verschwimmen der Grenze

zwischen Vorder- und Hinterrumpf, indem die Segmente des letzteren breit an die vorhergehenden sich anschließen; dazu gesellt sich oft eine große Selbständigkeit der letzten Thoraxsegmente in Bezug auf ihre Bewegungsfreiheit. Die Schwimmart der Cyclopiden ist im allgemeinen am besten durch das Wort »Hüpferling« charakterisiert; damit ist schon ausgedrückt, daß sie keine hervorragenden Schwimmer sein werden. Alle Cyclopiden ermüden ziemlich rasch und sind daher gezwungen, sich auf den Grund niederzulassen oder sich zeitweilig an fremden Gegenständen festzuhalten. Für einige Arten ist eine zweite Bewegungsweise sehr bezeichnend. Ich zitiere aus Schmeil (»Die Cyclopiden«. Bibl. zool. I. Heft, p. 31 unten): »Über eine eigentümliche Art der Bewegung, wie sie anderen Arten eigen, aber bisher nur an dem *Cyclops phaleratus* und *C. fimbriatus* beobachtet ist, mögen hier noch einige Worte folgen. Bringt man einen *Cyclops* in eine dünne Wasserschichte, in der er sich noch ungehindert fortzubewegen vermag, so schwimmt er bekanntlich mit kräftigen Stößen unruhig hin und her. Ist die Wasserschichte aber so dünn, daß das Tier die feste Unterlage berührt, dann liegt es unbehilflich meist auf der Seite und vermag sich höchstens durch kräftige Schläge des Abdomens und der Schwimmfüße ein Stück fortzuschnellen. Aber diejenigen Cyclopiden, deren Körper stark in dorsoventraler Richtung zusammengedrückt ist, zeigen in dieser Lage ein von den übrigen Arten vollkommen abweichendes Benehmen. Sie werden, falls man das Wasser durch Fließpapier absaugt, stets mit der breiten Bauchseite die Unterlage berühren und sind dann imstande nach Art vieler höheren Tiere geschickt und andauernd zu kriechen. Die einmal eingeschlagene Richtung wird meist ziemlich lange Zeit beibehalten, dann aber plötzlich durch ein oft rechtwinkeliges Abbiegen verlassen.« Und weiter sagt Schmeil, p. 32, o. c.: »Zu dieser Art der Lokomotion greift *Cyclops phaleratus* ebenso wie jeder der weiter unten genannten Arten (das sind nämlich *Cyclops affinis, fimbriatus, languidus, bisetosus*) niemals freiwillig, sondern, wie ich durch vielfache Experimente mich überzeugen konnte, erst dann, wenn er durch die veränderten Bedingungen dazu gezwungen wird.« Wir haben es hier also mit Cyclopiden zu

tun, die sich bereits, wenn auch nur ausnahmsweise, einer neuen Bewegungsart angepaßt und ihre Gestalt demgemäß verändert haben. Zu obiger Beschreibung folgt nun im selben Werke auf Seite 178 eine merkwürdige Ergänzung. Schmeil kommt über *Cyclops phaleratus* zu folgendem Resultat: »Unser kleiner Spaltfußkrebs bewegt sich auf zweierlei Weise: 1. durch Schwimmen, 2. durch Kriechen. Die Kriechbewegung auf einer trockenen oder nur feuchten Unterlage ist die ungebräuchliche. Da die *Canthocamptus*-Arten nicht imstande sind, sich wie *Cyclops phaleratus* kriechend fortzubewegen und da ferner ihre Schwimmbewegung in einem ihrem Körperbau entsprechenden »Schlängeln« besteht, so wird also der zweite Teil der Claus'schen Behauptung hinfällig: durch die »Art seiner Bewegung« bildet *Cyclops phaleratus* keinen Übergang zu dem Genus *Canthocamptus*, wohl aber durch mehrere Eigentümlichkeiten seines Körperbaues..... Der *Cyclops phaleratus* ist also (hinsichtlich seines Körperbaues) als Verbindungsglied der beiden Genera: *Cyclops* und *Canthocamptus,* mithin auch der Familien der Cyclopiden und Harpacticiden aufzufassen.« Es drängt sich mir die Frage auf: wenn *Cyclops phaleratus* hinsichtlich seines Körperbaues zum Verbindungsglied zweier Familien gestempelt wird, warum dann nicht auch hinsichtlich seiner Bewegungsart, die doch im Körperbau ihre Begründung findet? wie Schmeil dies für die Harpacticiden selbst zugibt. In der Tat hat nicht nur Claus, sondern auch Fischer auf die Ähnlichkeit in der Bewegung von *Cyclops phaleratus* mit *Canthocamptus minutus* hingewiesen.

7. Familie **Harpacticidae** (Taf. II, Fig. 12, 13).

Ein Blick auf die Gestalten, welche die Angehörigen dieser Gruppe besitzen, läßt erkennen, daß wir es mit einem gut charakterisierten Typus zu tun haben. Auffallend gegen alle anderen bisher besprochenen Familien ist ihr langgestreckter, von vorne nach hinten gleichmäßig sich verjüngender Körper, der die Grenze zwischen Vorder- und Hinterrumpf undeutlich, meist gar nicht mehr erkennen läßt. Man gewinnt den Eindruck

einer homonomen Segmentierung. Die Vorderantennen erreichen niemals die Körpermitte. Die Selbständigkeit der Segmente hat den Cyclopiden gegenüber eine weitere Vergrößerung erfahren. Die walzen- oder wurmförmige Gestalt der Tiere bedingt schon an und für sich eine Bewegungsart, welche in einem gegenseitigen Verschieben der Körperringel besteht. Die Harpacticiden des Süßwassers leben auf schlammigen Gründen oder auf von Pflanzen reich bewachsenem Boden, wo sie sich »schlängelnd« fortbewegen. Mrażek hat darüber in seinen »Beiträgen zur Kenntnis der Harpacticiden-Fauna Deutschlands«, p. 92, berichtet. Die marinen Formen sind durchwegs Bewohner des Küstengrundes. Die ersten Antennen beteiligen sich an der Bewegung nur insofern, als sie als wichtige Greif- und Umklammerungsorgane dienen.

8. Familie **Mormonillidae** (Taf. II, Fig. 14).

Mit dieser kleinen Copepodengruppe tritt uns ein auffallender Mischtypus entgegen, der Merkmale für schwebende Bewegungsart und solche, wie sie die Harpacticiden gekennzeichnet haben, in sich zu vereinigen scheint. Die schlanke, gestreckte Körperform, vornehmlich aber die langen, ersten Antennen sprechen für eupelagische Wesen. In Widerspruch damit steht die gleichmäßige Segmentierung von Thorax und Abdomen und die lang ausgezogene, stark bewehrte Furca. Giesbrecht erwähnt von den zwei in seiner Monographie angeführten Arten, daß sie in einer Tiefe von 1800 *m* gefangen sein sollen (?). Auch die systematische Einordnung bereitet Schwierigkeiten. Vielleicht haben wir es mit Schwimmern zu tun, deren Bewegungsart von der gewöhnlichen abweicht und etwas »Schlängelndes« an sich haben mag.

9. Familie **Monstrillidae** (Taf. II, Fig. 16).

Während die Jugendstadien in Würmern parasitieren, schwimmen die erwachsenen, darmlosen Tiere frei im Meere. Der breiteste Teil des Körpers beträgt ungefähr ein Fünftel bis ein Viertel der Länge desselben; die Vorderantennen sind ziemlich kurz, die Segmentierung gleichmäßig. Die Familie gehört zu den »Schwimmern«.

10. Familie **Oncaeidae** (Taf. II, Fig. 15).

Sie wiederholt den Typus der Cyclopiden. Nur bei Lubbockia ist der Körper ein gestreckterer. Die ersten Antennen zeichnen sich stets durch ihre Kürze, das Abdomen durch seine Länge im Verhältnis zum Vorderkörper aus. Gleich den Cyclopiden sind sie genötigt, sich zeitweise vom Schwimmen zu erholen, welche Rast sie mit einem Parasitieren auf anderen Tieren verbinden.

11. Familie **Corycaeidae** (Taf. II, Fig. 17, 18, 19).

Corycaeus, *Sapphirina* und *Copilia* unterscheiden sich in bezug auf ihre Gestalt so bedeutend, daß es schwer fällt, hier noch allgemeine Charaktere festzustellen. Während die Sapphirinen als flachgedrückte Formen erscheinen, sind die *Corycaeus*-Arten von gedrungenem Bau, mit deutlich getrenntem Vorder- und Hinterkörper. Die Copilien stehen in der Mitte der beiden Extreme. Umso verwunderlicher müssen die Berichte ansprechen, die über das Schwimmvermögen dieser Gruppe da und dort zu lesen sind. So werden in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches (V. Bd., I. Abt., p. 733) die Calaniden, Pontelliden und Corycaeiden als »die gewandtesten Schwimmer« der Copepoden bezeichnet. Dasselbe sagt Claus (in: »freileb. Copepoden«, p. 81). Über die Sapphirinen heißt es im erstgenannten Werke, p. 711 weiter: »Bei der verhältnismäßig schwachen Entwicklung ihrer Fühler und Schwimmbeine und ihrem äußerst dünnen, flächenhaft entwickelten Körper, welcher zu dem spindelförmigen der sonst als gute Schwimmer bekannten Copepoden im direkten Gegensatze steht, muß die Munterkeit und Gewandtheit ihrer Schwimmbewegung, welche von allen Beobachtern in übereinstimmender Weise hervorgehoben wird, besonders auffallen..... Sie schwimmen in kurzen, aber raschen Sätzen bald nach oben und unten, bald nach den verschiedensten Richtungen, ebenso schnell verschwindend wie auftauchend, zuweilen sich in graziösen Bewegungen plötzlich umwendend.« Diese Beobachtungen beweisen, daß die Sapphirinen eben doch nicht so schwimmen, wie die Calaniden und Pontelliden. Schon der Umstand allein,

daß es sich um temporäre Parasiten handelt, würde dagegen sprechen; noch viel mehr die Unterschiede in der Körpergestalt. Da ich lebende Sapphirinen noch nicht Gelegenheit hatte, daraufhin zu untersuchen, so kann ich nur vermuten, daß sie sich wellenartig im Wasser fortbewegen, ähnlich den *Harpacticiden*, indem sich die Segmente in vertikaler Richtung gegeneinander verschieben. Dadurch ist nicht ausgeschlossen, daß dies in »kurzen, raschen Sätzen« geschieht. Die Copilien dürften cyclopsartig das Wasser durchsetzen, während die eigentlichen Corycaeiden sich mehr einer »schwimmenden« Lebensweise nähern.

Als Anhang erwähne ich noch zwei Entoparasiten: *Enterognathus commaluidae* Giesbr. (Fig. 20) aus dem Darme von *Antedon rosaceus* und *Mytilicola intestinalis* Steuer aus *Mytilus galloprovincialis*. Ihre Ähnlichkeit in der Gestalt mit jener der Harpacticiden ist auffallend und in der Tat gleichen sie den letzteren auch durch ihre Bewegungsweise. Es erklärt sich dieses Verhalten in einfacher Weise durch die Ähnlichkeit der Umgebung. Die angeführten Parasiten haben mit dem Darminhalt ihrer Wirte ebenso zu rechnen wie die Harpacticiden mit dem Schlamm, in welchem sie sich mit Vorliebe aufhalten. Es erscheint somit das Zusammenfallen von drei systematisch weit getrennten Copepoden in einen Typus als eine natürliche Folge der Anpassung.

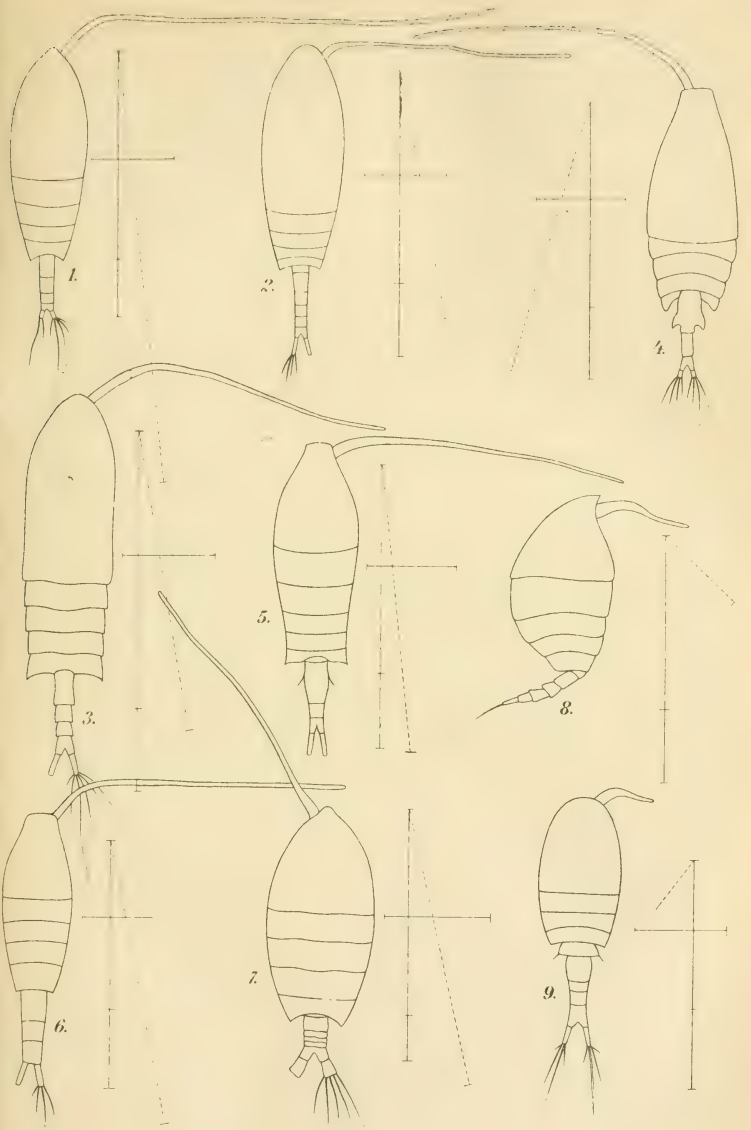
Typentabelle.

Typus der »Schweber« (eupelagische Formen)	Typus der »Schwimmer« (pelagisch-litorale Formen)	Typus der »Schlängler« (walzenförmige oder flache Formen)
Calanidae *Centropagidae* *Candaciidae*	*Cyclopidae* part.	*Harpacticidae*
Pontellidae	*Cyclopidae* part. *Pseudocyclopidae* *Mormonillidae (?)*	
	Monstrillidae *Oncaeidae* *Corycaeidae* *Copilidae*	
		Sapphirinae *Mytilicola* und *Enterognathus*

Verzeichnis der Abbildungen.

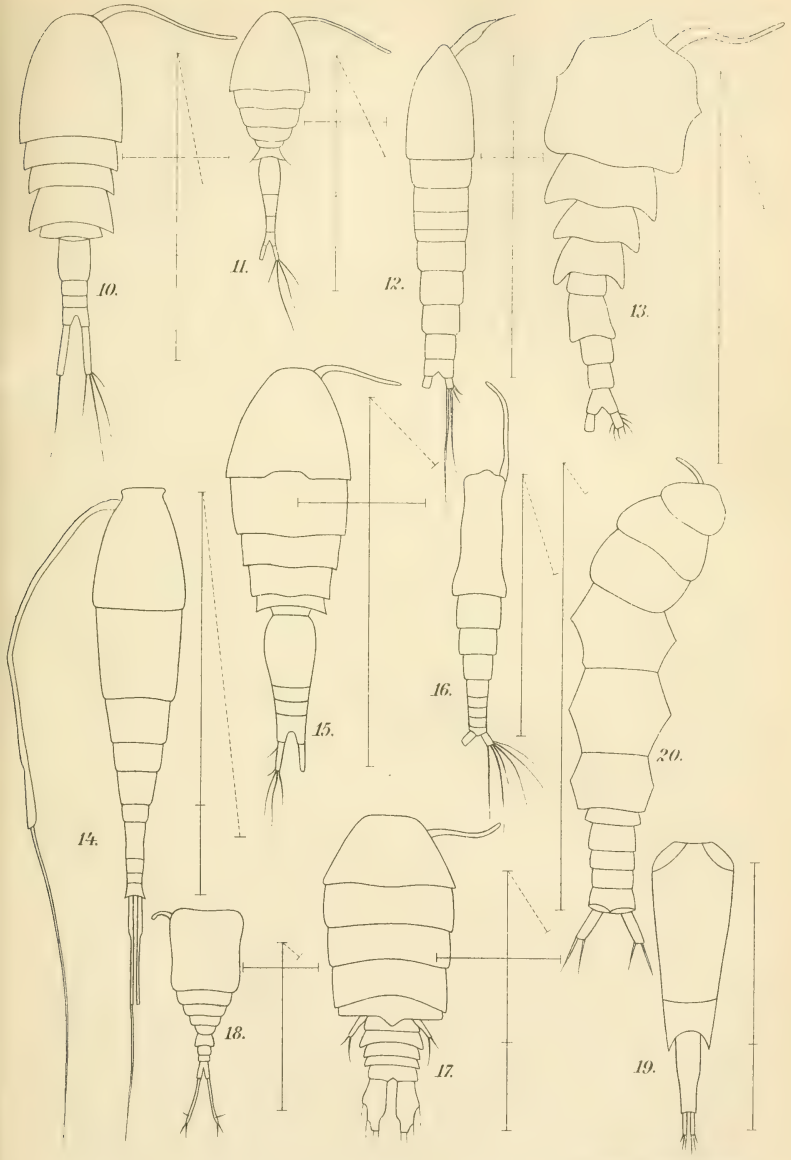
(Erklärung siehe p. 563 unten.)

Fig. 1. *Calanus*.
Fig. 2. *Pontellamus*.
Fig. 3. *Centropages*.
Fig. 4. *Candacia*.
Fig. 5. *Diaptomus*.
Fig. 6. *Heterocope*.
Fig. 7. *Pontellina*.
Fig. 8. *Pseudocyclops*.
Fig. 9. *Cyclops*.
Fig. 10. [illegible]
Fig. 11. *Oithona*.
Fig. 12. *Canthocamptus*.
Fig. 13. *Clytemnestra*.
Fig. 14. *Mormonilla*.
Fig. 15. *Oncaea*.
Fig. 16. *Monstrilla*.
Fig. 17. *Sapphirina*.
Fig. 18. *Copilia*.
Fig. 19. *Corycaeus*.
Fig. 20. *Enterognathus*.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abt. I. 1908.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Pflanzenversteinerungen enthaltende Knollen aus dem Ostrau-Karwiner Kohlenbecken

von

Dr. **Bruno Kubart.**

Aus dem botanischen Laboratorium der k. k. Universität in Graz.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1908.)

Stur[1] veröffentlichte 1885 eine Arbeit, betitelt: »Über die in Flözen reiner Steinkohle enthaltenen Steinrundmassen und Torfsphärosiderte.« In dieser Mitteilung, welche Stur selbst als eine nicht abgeschlossene Auseinandersetzung betrachtet wissen wollte, erbrachte der Autor den Beweis, daß in etlichen österreichisch-ungarischen Steinkohlengruben der Carbonperiode Steinknollen vorkommen, in denen Bruchstücke ganz vorzüglich versteinerter Carbonpflanzen eingeschlossen sind.

Diese Mitteilung Stur's blieb fast völlig oder überhaupt unbeachtet und ihm selbst sollte es nicht mehr beschieden sein, das erworbene Material auszuwerten. Ich glaube daher, keine unnütze Arbeit zu tun, wenn ich gleichsam als Einleitung zu weiteren eigenen diesbezüglichen Untersuchungen diese wenigen Zeilen der Öffentlichkeit übergebe, um so auch das Verdienst Stur's um diesen Zweig der Phytopaläontologie, ganz besonders in Österreich, entsprechend zu würdigen.

Dank einer Subvention der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien aus dem Legate Scholz und dem freundlichen Entgegenkommen der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien, welche mir das einstens von Stur erworbene Material zu ersten Untersuchungen zur Verfügung

[1] Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt, Wien, Bd. 35.

stellte, bin ich heute bereits in der Lage, Stur's Angabe über die Güte des in den Knollen eingeschlossenen versteinerten Pflanzenmaterials vollauf zu bestätigen.

Die Hauptmasse der Knollen, die Stur erworben, stammt aus dem Ostrau-Karwiner Kohlenfelde, wo in einem Flöze, dem Koksflöze, eine große Menge dieser Knollen gefunden wurde und nur von diesen will ich in den folgenden Zeilen einige Mitteilungen geben. Gestalt und Größe dieser Knollen ist eine sehr veränderliche, wie aus dem beigeschlossenen Bilde, Tafel I, Fig. 1, klar zu ersehen ist. Die größten mir bisher bekannten Stücke maßen über 10 *cm* in der Längenausdehnung, die kleinsten zirka 1 *cm*.

Diesen Knollen gleichwertige Funde, und zwar in großer Menge sind schon seit vielen Jahren aus England bekannt und lieferten den dortigen Forschern, allen voran W. C. Williamson das vortrefflichste Material zu ihren allgemein bekannten Untersuchungen über die Pflanzen der Carbonflora. Die englischen Knollen sind als Calcitkonkretion — calcareous nodules — anzusprechen.[1] Nach Oskar Hörich[2] sind es jedoch Dolomitknollen, wie solche in den westfälischen Kohlengruben gefunden werden und dergleichen versteinerte Pflanzenreste bergen. Stur[3] bezeichnete in seiner diesbezüglichen Publikation die Ostrau-Karwiner pflanzenführenden Steinknollen als Torf- oder Pflanzensphärosiderite. Ich kann mich jedoch dieser Ansicht Stur's nicht anschließen, halte vielmehr diese Knollen für Calcitkonkretionen. Sie sind regelmäßig von einer Kohlenschichte umhüllt, welche beim Verbrennen viel braunrote Asche zurückläßt. Diese Asche ist stark eisenhältig, während Calcium, Aluminium, Kieselsäure in geringer Menge und Mangan nur in Spuren vorhanden ist.[4]

[1] An verschiedenen Stellen der Publikationen von W. C. Williamson, S. H. Scott etc.

[2] O. Hörich, Lyginopteris oldhamia in H. Potonie, Abb. und Beschr. foss. Pflanzen. Lief. IV, 1906. Berlin.

[3] L. c.

[4] Fräulein Grete Becke verdanke ich diese und die folgenden Analysen; selbe wurden im path.-chem. Universitätsinstitut in Wien ausgeführt.

Die Knolle selbst enthält Eisen, viel Calcium und Magnesia, Mangan, Spuren von Aluminium und Kohlensäure. Diese Analyse stimmt mit den diesbezüglichen Angaben[1] Stur's überein, nur daß in diesen kein Mangangehalt angegeben ist, was wohl sicher auf die sehr variable chemische Zusammensetzung der Knollen zurückzuführen ist. Ich glaube zu dieser Annahme um so mehr berechtigt zu sein, als unter anderen bei zwei Proben derselben Knolle, von denen die eine ein Stammstückchen war, die andere hauptsächlich pflanzenfreie Steinmasse, erstere Probe einen reichen Eisengehalt und kein Aluminium hatte, die letztere Probe jedoch wenig Eisen und Aluminium, wenn auch nur in Spuren, enthielt.

Wichtig erscheint mir der geringe Eisenoxydulgehalt der Knolle, der zirka 10% beträgt. Da nun die mikroskopische Untersuchung des Gesteines nur auf Beimengungen von $FeCO_3$ zeigt, zum weitaus größten Teile jedoch auf kryptokrystallinen Calcit schließen läßt — nach der quantitativen Analyse (Stur) sind 56·5% Calciumcarbonat vorhanden — so glaube ich also, diese Knollen mit mehr Recht pflanzenführende Calcitknollen (-konkretionen) nennen zu dürfen denn Torf- oder Pflanzensphärosiderite, wie sie Stur bezeichnet hat.

Ich habe bereits früher erwähnt, daß die Hauptmasse des Stur'schen Knollenmaterials mit Pflanzenversteinerungen aus dem Koksflöze der Heinrichsglückzeche des Ostrau-Karwiner Kohlenfeldes stammte, woselbst auch noch heute diese Knollen gefunden werden.[2] Nach Stur[3] sollen auch im Barabara-Flöze zu Poln. Ostrau solche Knollen gefunden worden sein, doch fehlten Stur und fehlen auch heute mir noch Belege hiefür.

Der Erhaltungszustand des eingeschlossenen Pflanzenmaterials ist ein vorzüglicher, wie ich sofort Gelegenheit nehmen werde, an zwei Beispielen zu erhärten. Die Schliffe, über welche ich bereits verfüge, zeigen Reste verschiedener Pflanzentypen.

---

[1] L. c.

[2] Mentzel H., Der IX. internationale Geologenkongreß in Wien, »Glück Auf«, Essen, 1903.

[3] L. c.

Ich wähle als Belegbeispiele für meine weiteren kurzen Ausführungen zwei Vertreter der *Lyginodendraceae*, jener Familie, welcher die Phytopaläontologen dermalen neben den *Bennettitaceae* wohl das meiste Interesse entgegenbringen. Ich erlaube mir jedoch sofort zu bemerken, daß ich mir für die jetzt zu behandelnden Objekte das Recht einer weiteren ausführlichen Publikation vorbehalte, die möglichst rasch folgen soll. Aus verschiedenen Gründen enthalte ich mich daher auch in diesen Zeilen einer binären Bezeichnung der nun zu besprechenden zwei Fossilien.

Auf Tafel I, Fig. 2 ist ein Querschnitt durch einen Stamm der *Lyginodendraceae* abgebildet. Vermutlich ist es *Lyginodendron* Will. (*Lyginopteris* Pot.) selbst. Der Markkörper *(m)* ist zerstört und mit Steinmasse ausgefüllt. Auch eine Stigmaria ist hier im Querschnitt zu sehen. Rings um diesen Hohlraum des Markkörpers liegen die Primärgefäßbündel *(p)*, die deutlich den mesarchen Aufbau zeigen. Ein stark entwickeltes Sekundärholz *(s)* folgt hierauf, das einen völlig geschlossenen Holzkörper bildet und von Markstrahlen durchzogen ist. Auch der nun folgende Cambiumring ist ausgezeichnet erhalten, jedoch bei dieser geringen Vergrößerung des Schliffes nicht zu unterscheiden. Gleich gut erhalten ist das nun anschließende Phloem *(ph)*. Die Markstrahlen erfahren in dieser Zone nach außen hin eine Verbreiterung, während die Phloembündel am Cambiumring am breitesten sind. Das Bild, welches wir hier sehen, erinnert sehr an einen Querschnitt durch einen *Tilia*-Stamm.

Die äußere Rinde trägt Dictyoxylonstruktur und an vielen Stellen sind bereits große tangentiale Streckungen der Parenchymmaschenzellen erfolgt, — wie z. B. bei *t* mit der Lupe ganz deutlich zu ersehen ist — eine Erscheinung, die mit dem Dickenwachstum des Stammes zusammenhängt. An etlichen Stellen der Schliffe finde ich desgleichen eine sehr gut erhaltene Epidermis. Ich vermeide es, in diesen Zeilen auf weitere Details einzugehen, mache nur darauf aufmerksam, daß dieser Stamm, von dem ich bereits eine kleine Schliffserie besitze, von einem typischen *Lyginodendron* u. a. durch die geringe Anzahl von Blattspursträngen abweicht, die am Querschnitte

zu sehen sind. Wir finden konstant nur drei (!), was bei Stämmen dieser Gattung mit so starkem Dickenwachstum — soweit ich bisher die Literatur nachlesen konnte — noch nicht beobachtet worden ist. Die Stellen, wo bei der erwarteten $^2/_5$ Blattstellung der vierte und fünfte Blattspurstrang theoretisch gesucht werden müßte, zeigen in den mir bereits zur Verfügung stehenden Schliffen dieses Stammes keine Spur hievon!

Ein zweiter Typus, den ich in meinem Material bisher sehr häufig fand, ist eine der obigen verwandte Gattung, *Heterangium* Will., wovon ich ebenfalls ein Photogramm beifüge (Tafel I, Fig. 3). Auch hierbei enthalte ich mich dermalen jeder genauen Determinierung. Dieser Stamm ist vielleicht noch besser erhalten als bei dem zuerst besprochenen Beispiele.

Die Zentralachse wird hier von einem primären Xylem *(p)* eingenommen, dessen periphere Bündel desgleichen mesarchen Bau zeigen wie bei *Lyginodendron*. Ein ziemlich mächtiges Sekundärholz *(s)* umschließt diesen inneren Teil. Die äußere Rinde zeigt ebenfalls Dictyoxylonstruktur, doch von schwächerer Ausbildung als bei der vorigen Gattung.

Untermengt mit diesen Stammresten, die hier nur vorläufig erwähnt sein sollten, befindet sich noch eine Menge anderer Pflanzenteile und gewöhnlich in sehr guter Erhaltung — kurz, ein Material, das der Mühe der Untersuchung völlig wert ist, und selbst — wenn es keine völlig neuen Details bringen sollte, — eine gewissenhafte Durchforschung fordert.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Pflanzenreste bergende Calcitkonkretionen aus dem Ostrau-Karwiner Kohlenbecken. Die kleinste Knolle war bereits behufs Entnahme einer Schliffplatte in der Mitte zerschnitten worden. $^1/_4$ nat. Größe; phot. Kubart.

Fig. 2. Querschliff durch *Lyginodendron* Will. sp. Sammlung Dr. B. Kubart Nr. 2 *Q*

m = Markkörper
p = Primärgefäßbündel
s = Sekundärholz
ph = Phloem
t = Tangentiale Streckung der Parenchymmaschenzellen in der Dictyoxylon-Rinde. Vergrößerung: 3mal; phot. Kustos Marktanner-Turneretscher.

Fig. 3. Querschliff durch *Heterangium* Will. Sammlung Dr. B. Kubart Nr. 3 *M*

p = primär Xylem
s = Sekundärholz. Vergrößerung: 5mal; phot. Kustos Marktanner-Turneretscher.

Fig. 1

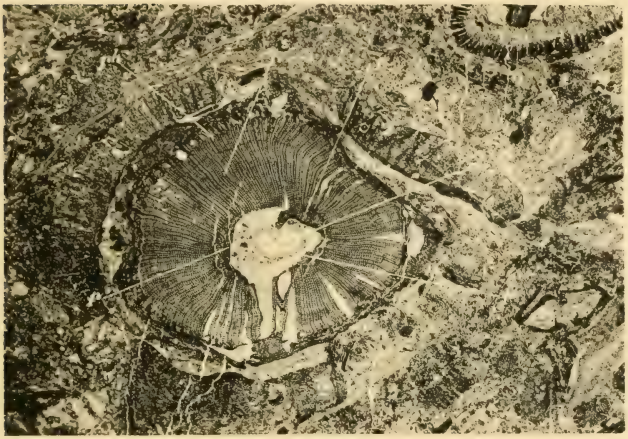


Fig. 2

Fig. 3

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. VI. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Die Erstarrungskurven einiger Silikatschmelzen

von

Dr. **Emil Dittler.**

(Mit 2 Tafeln und 20 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Juni 1908.)

Vorliegende Arbeit, in welcher die Mischungen von Ägirin-Nephelin, Labrador-Nephelin und Labrador-Diopsid untersucht wurden, schließt sich an C. Doelter's Untersuchungen über die Schmelzkurven der Augit-Labradoritmischungen.[1]

Seine Untersuchungen erstreckten sich auf natürliche Silikate. Prof. C. Doelter weist in jener Arbeit ausdrücklich darauf hin, daß die idealen Mischungen, wie wir sie künstlich herstellen und aus der Formel herausrechnen, in der Natur zumeist nicht rein existieren. Die reinsten natürlichen Plagioklase enthalten außer Na, Ca noch Spuren von K, Mg und Fe, welche Beimengungen den Schmelzpunkt beeinflussen müssen.

Um nun zu erfahren, inwieweit sich die bei natürlichen Silikaten gewonnenen Ergebnisse auch auf aus chemischen Mischungen hergestellte theoretische Silikate übertragen lassen, habe ich die vorliegende Arbeit unternommen.

R. Freis hat sich mit solchen künstlich hergestellten Silikaten beschäftigt und kam zu dem Resultate, daß solche Untersuchungen nur dann wirklichen Wert besitzen, wenn zum Vergleich auch natürliche Mineralien von möglichst der gleichen

[1] C. Doelter, Silikatschmelzen, IV, Sitzungsber. der k. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 115, Abt. I (1906).

Zusammensetzung herangezogen würden. Denn künstliche Mineralien können nicht immer unbedingt mit den in der Natur vorkommenden verglichen werden.[1] Der Grund liegt hauptsächlich in kleinen Differenzen der chemischen Zusammensetzung, andrerseits auch in verschiedenen Eigenschaften des Kunstproduktes.[2]

Ich untersuchte daher mehrere Reihen natürlicher und künstlicher Mischungen und trachtete hierbei, jene Daten festzustellen, welche sich auf die Ausscheidungsfolge, auf die Dissoziation und mit ihr zusammenhängend die Differentiation, ferner die Schmelz- und Erstarrungspunkte und endlich das Eutektikum beziehen.

Um die Abkühlungsverhältnisse zu studieren, brachte ich an das Ende einer jeden Versuchsreihe eine Zusammenstellung der Zeittemperaturkurven.

Auch auf die Differentiationserscheinungen legte ich gemäß den Ausführungen von R. Freis ein besonderes Gewicht und stehen dieselben vielfach in Einklang mit seinen Ergebnissen.

Versuchsmethoden.

Die sorgfältigst gepulverten und gemischten natürlichen und künstlichen Gemenge wurden im Fouquignon-Ofen zum Schmelzfluß erhitzt, hierauf im schmelzflüssigen Zustand in den elektrischen Vertikalofen von Haereus übertragen und hier mittels eines geeichten Rhodium-Platinthermoelementes die Wärmetönung am Galvanometer bestimmt, indem von 30 zu 30 Sekunden die Temperatur abgelesen wurde. Diese Temperaturmessungen sind in den Zeittemperaturkurven niedergelegt. Verbunden mit dieser thermischen Methode[3] wurde außer-

[1] R. Freis, Experimentaluntersuchungen über die Ausscheidungsfolge von Silikaten bei zwei und drei Komponenten. Jahrbuch für Mineral., Geol. und Pal., Beilage, Bd. XXIII (1906).

[2] C. Doelter, Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, Sitzungsber. der k. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 115, Abt. I, Mai 1906.

[3] C. Doelter, Die Silikatschmelzen, I, p. 30; — Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, Sitzungsber. der k. Akad. der Wiss. in Wien, Bd. 115, Abt. I (1906). — J. H. L. Vogt, Silikatschmelzlösungen, II, p. 11 u. f.

dem die Prüfung auf die jeweilige Konsistenz der Schmelze, und zwar mit Hilfe eines Platinstabes; es ist dies notwendig, da in vielen Fällen wegen der langsamen Krystallisation die thermische Methode allein nicht ausreicht. Auf diese Weise wurde sowohl der Beginn des Schmelzprozesses, und zwar bei krystallinen Gemengen Δ_1 wie bei Gläsern T_1, als auch der Beginn des Flüssigwerdens bei krystallinen Gemengen Δ_2 und bei Gläsern T_2 ermittelt. An den im Gasofen hoch erhitzten und in den elektrischen Ofen übertragenen Schmelzen wurde noch der Anfang und das Ende der Erstarrung T_3 und T_4 bestimmt, indem der Strom teilweise ausgeschaltet wurde.

Um die Schmelzpunkte der krystallinen Gemenge möglichst genau zu erhalten, führte ich zum Teil meine Versuche so aus, daß ich die aus dem Gasofen übertragenen Schmelzen einmal im elektrischen Ofen langsam zur Erstarrung brachte und hierauf die Schmelzpunkte Δ_1 und Δ_2 bestimmte, außerdem aber mit chemisch identen Mischungen im Fouquignon-Ofen Krystallisationsversuche ausführte und an diesen zur Krystallisation gebrachten Schmelzen abermals die beiden oben genannten Punkte kontrollierte; dabei ergab sich immer eine kleine Differenz insofern, als die zur Krystallisation gebrachten Gemenge noch etwas Glas enthielten, welches den Schmelzpunkt herabsetzte. Diese Erniedrigung betrug zumeist 20 bis 40° oder auch weniger.

Zur Kontrolle führte ich endlich in Gemeinschaft mit Herrn Prof. C. Doelter unter dem Krystallisationsmikroskop eine Anzahl Versuche aus, die eine direkte Beobachtung der Krystallisationsvorgänge sowie des Schmelzens und Erstarrens gestatteten und besonders für die Ausscheidungsfolge von Wichtigkeit waren.

Um die Richtigkeit der Galvanometerablesungen zu prüfen, wurde der Schmelzpunkt des Goldes bestimmt. Bei 1060° floß der in einem Quarzschälchen befindliche Goldstaub zu einem Tropfen zusammen. Nach den Untersuchungen von Holborn (1901) beträgt der Schmelzpunkt 1063°. Die Differenz ist also — 3°.

Diese Beobachtungen mittels der optischen Methode waren besonders für die Bestimmung des Punktes T_3 von Bedeutung,

weil derselbe mittels der thermischen Methode nur sehr schwer festzustellen ist. Im übrigen zeigten diese Kontrollversuche eine recht gute Übereinstimmung mit den nach der thermischen Methode für die Schmelz- und Erstarrungspunkte gewonnenen Zahlen.

Eine Anzahl von Fehlerquellen, welche C. Doelter in seiner Arbeit »Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen« eingehend bespricht, sind der Grund, weshalb es notwendig ist, neben der thermischen auch die optische Methode zu benutzen. Erst dann, wenn ein und dieselben Punkte, auf verschiedene Weise bestimmt, übereinstimmen, kann mit Sicherheit angenommen werden, daß dieselben richtig sind. Die wichtigsten dieser Fehlerquellen, welche bei meinen Versuchen in Betracht kamen und welche sich, der Natur der Silikatschmelzen entsprechend, leider nicht ganz vermeiden ließen, sind:

1. der Mangel des Rührens;

2. daß die Krystallisationsprodukte immer etwas Glas enthielten, daß die Abkühlung in verschiedenen Teilen der Schmelze verschieden erfolgte und daß die Krystallisation mehr oder weniger allmählich verläuft;

3. die zum Teil mehr oder weniger subjektive Auffassung des Eintretens des Schmelz- und Erstarrungsprozesses, welche jedoch durch die Versuche unter dem Krystallisationsmikroskop kompensiert wurde.

Die Schmelzen der verwendeten Silikatgemenge waren durchwegs sehr viskos, daher die geringe Schmelzgeschwindigkeit und als Folge davon eine oftmals minimale Wärmetönung, welche sich zur Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungspunkte nicht gut verwenden ließ. In den Zeittemperaturkurven treten z. B. Knickstellen auf, die, wie die Versuche unter dem Mikroskop lehrten, jedoch keineswegs immer mit den nach der optischen Methode gewonnenen identifiziert werden konnten, was insbesondre für den Ausscheidungszustand gilt, während das Ende der Erstarrung auch nach der thermischen Methode leicht ermittelt werden konnte.

I. Reihe.

Ägirin-Eläolith.

Von den verwendeten Mineralien stammte der Ägirin vom Lange Sund Fjord in Norwegen, $\Delta_1 - \Delta_2$ 970 bis 1010°,[1] der Eläolith von Miass im Ilmengebirge, Ural, $\Delta_1 - \Delta_2$ 1190 bis 1220°.[2]

Versuch	Mengenverhältnis		Krystallisationsprodukte				Glas	
			Schmelzpunkte		Erstarrungspunkte		Schmelzpunkte	
	Ägirin	Eläolith	Δ_1	Δ_2	T_3	T_1	T_1	T_2
1	25	75	1010°	1085°	960°	910°	985°	1050°
2	30	70	1000	1065	950	825	980	1050
3	50	50	960	980	925	825	900	960
4	70	30	970	1010	930	810	915	980

Die Schliffe bestehen meist aus einem dunkelgrünen Glase, in dem zahlreiche grüne Nädelchen von Ägirin eingebettet liegen; teilweise sind dieselben radial entwickelt, wobei die Krystallamellen um einen Punkt sitzen und sogenannte Sphärolithe bilden; dann kommen aber auch Gebilde vor, wo die Nädelchen einen axiolithischen Charakter aufweisen, indem sie sich um eine gabelige Linie ordnen. Aggregiert in kleinen Stengeln haben dieselben sehr das Aussehen der Ägirine in den Phonolithen. In Schliff 2 sind die Ägirinkryställchen zumeist aus einer Vereinigung zarter trichitischer Fasern entstanden, dazwischen sieht man Fe-reiche dunkle Schlieren, welche dem Schliffe ein fluidales Gepräge verleihen (Taf. II, Fig. 9). Entsprechend dem Mischungsverhältnis ist hier nur wenig Ägirin vorhanden und dann nur in sehr kleinen Kryställchen. Jedenfalls spielt auch die Temperatur, bei welcher

[1] Die Analyse des Ägirin ist nach C. Doelter, Tschermak's Min. petr. Mitteil., N. F., I., 376: SiO_2 51·74, Al_2O_3 0·47, Fe_2O_3 26·17, FeO 3·48, MnO 0·46, CaO 5·07, MgO 1·79, Na_2O 11·02, K_2O 0·34.

[2] Analyse von St. Tedeschi: SiO_2 42·33, Al_2O_3 34·39, CaO 0·47, MgO 0·45, K_2O 5·95, Na_2O 16·26, H_2O 0·92, Summe 100·77.

sich der Ägirin bildet, eine bedeutende Rolle. Schon M. Vučnik hat beobachtet, daß der niedere Schmelzpunkt des Ägirins bei der Ausscheidung verzögernd einwirkt.[1] In Versuch 3 umschließt der Ägirin an mehreren Stellen einen Kern von dunklerer Farbe, der zirka bei 40° auslöscht, während die Umrandung eine etwas geringere Auslöschungsschiefe besitzt. Dieser Kern ist ein Augit, in den sich ein Teil des Ägirins umwandelte; wahrscheinlich geschah dies unter Aufnahme von Al_2O_3 aus dem Nephelin. Fast in allen Schliffen finden wir kleine Magnetitoktaederchen, welche oftmals als Ansatzpunkte für die größeren Krystalle des Ägirin dienen. Sie sind aus dem Fe des Ägirins entstanden, welcher eisenärmer geworden ist. In Versuch 3 scheint die Fe-Abgabe des Ägirins geradezu die Ursache der geringen Bildung letzteren Minerals gewesen zu sein; gerade bei dieser Mischung hätte man erwarten können, daß sich Ägirin in größerer Menge bildete, da diese Mischung diejenige mit dem niedrigsten Schmelzpunkte und auch das Quantitätsverhältnis der beiden Komponenten ein gleiches ist. Nun besitzt gerade diese Schmelze viel Magnetit und freies Fe, dagegen nur sehr wenig Ägirin, das Fe-freie Molekül hat dann offenbar ein geringeres Krystallisationsvermögen.

Der Nephelin ist meist skelettartig entwickelt und gleicht in seiner Form sehr häufig hexagonalen Schneekryställchen. Diese Skelettbildung hängt wahrscheinlich mit seiner geringeren Krystallisationsgeschwindigkeit zusammen.[2]

Neben den Skeletten sind auch kurze Rechtecke $\| c$ in dem Schliffe vorhanden; die Lichtbrechung dieser Kryställchen ist äußerst schwach und sie zeigen daher fast kein Relief; an vielen Stellen sind die Prismenflächen des Nephelins durch restliche Teile der Schmelze stark korrodiert und zu Glas geworden.

In der Schmelzlösung hat Dissoziation stattgefunden. Dafür sprechen die Mineralien Magneteisen und Augit, die sich neu gebildet haben. Daß in den Schmelzen außer der elektrolytischen Dissoziation in Ionen auch thermolytischer Zerfall

[1] M. Vučnik, Versuche über Ausscheidung aus Silikatschmelzen. Zentralbl. für Mineralogie (1906).

[2] C. Doelter, Phys. chem. Min. p. 107.

in Gruppen wie FeO, Fe_2O_3 und Al_2O_3 vorkommt, ist wahrscheinlich. Zwischen diesen Atomgruppen traten chemische Reaktionen ein, wobei die Affinität der SiO_2 zu den Basen eine Rolle spielte; denn nur durch solche Reaktionen ist das Auftreten neuer Verbindungen zu erklären.

Das erste Ausscheidungsprodukt ist immer das Magneteisen, ihm folgte, unabhängig von dem Mischungsverhältnisse, der Ägirin-Augit, respektive Ägirin, zum Schlusse der Nephelin und das Glas. Das Magneteisen bildete, da es sehr rasch fest wurde, Krystallskelette, die aus nach den drei Achsen zu aneinandergereihten Oktaederchen bestehen (Taf. I, Fig. 1), während der Ägirin durch seine Bildung vor dem Nephelin bewiesen hat, daß er, wenn auch in kleinen Krystallen, leicht auszukrystallisieren vermag.

Die Schmelzpunktsbestimmungen ergaben die in Fig. 1 veranschaulichten Resultate (Fig. 1).

Die Mischung 50 : 50 zeigt eine Erniedrigung unter den Schmelzpunkt der niedriger schmelzenden Komponente des Ägirins. Nach der Theorie wäre diese Mischung die eutektische; tatsächlich zeigt jedoch die Schmelze keine Eutektstruktur. Da Dissoziation stattgefunden hat, läßt sich, abgesehen vom verschiedenen Krystallisationsvermögen und der Unterkühlung das eutektische Schema auch nur in beschränktem Maße auf die beiden Silikate anwenden. Das größere Krystallisationsvermögen des Ägirins, respektive des sich aus ihm bildenden Augites bringt diesen eher zur Abscheidung und damit ist das Fehlen einer eutektischen Struktur bereits begründet. Vielmehr hat sich in den Versuchen 3 und 4 eine Differenzierung ergeben, insoferne sich der Nephelin mehr in der Nähe des oberen Tiegelrandes absetzte, während das Fe und die Ägirinkrystalle zu Boden sanken.

Die Schmelzpunkte der Gläser liegen nicht sonderlich tief unter denen der krystallinen Gemenge. Der größte Unterschied beträgt zirka 30 bis 35°.

Was die Erstarrungskurven betrifft, so ist namentlich die untere sehr von der Unterkühlung abhängig. Diese und daneben das bereits erwähnte Krystallisationsvermögen haben auch bewirkt, daß sich der Ägirin in jenen Versuchen zuerst

ausschied, bei welchen er im Verhältnis zur eutektischen Mischung in geringerer Menge vorhanden war, das ist in Versuch 1 und 3. Die untere Erstarrungskurve zeigt auch einen Verlauf, den man häufig bei im unterkühlten Stadium befindlichen Schmelzen beobachtet. Die Krystallisationswärme,

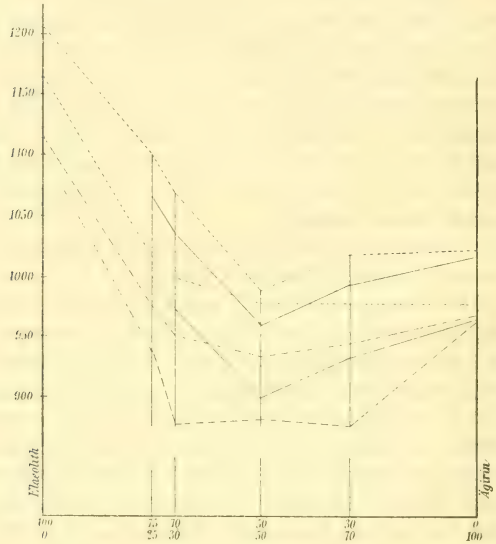


Fig. 1.

—— Erweichungspunkte des Glases (T_1, T_2).
---- Erstarrungspunkte (T_3, T_4).
..... Schmelzpunkte der Krystallisationsprodukte (Δ_1, Δ_2).

die Silikate im Erstarrungszustand abgeben, beeinflußt sicherlich auch den Ausscheidungsprozeß ebenso, wie umgekehrt beim Schmelzen die Wärmemenge, welche absorbiert wird, für die Bestimmung der Schmelzpunkte maßgebend ist, insofern erst dann, wenn die Temperatur längere Zeit konstant bleibt, wirkliches Schmelzen eintritt.[1]

[1] C. Doelter, Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, Wien 1906.

Der Schmelzpunkt des Ägirins.

Der Schmelzpunkt des Ägirins von Brevig wurde unter dem Krystallisationsmikroskop bestimmt, indem das feinst zerriebene Pulver in einem Quarzschälchen bis zum Schmelzfluß erhitzt wurde. Es ließen sich hierbei folgende Resultate feststellen:

940° Die Masse ballt sich zusammen.
960° Einzelne Körnchen beginnen an den Kanten zu schmelzen.
980° Die am Rande gelegenen Teile der Masse schmelzen zusammen.
1000° Der größte Teil ist flüssig, starke Tropfenbildung.
1030° Alles geschmolzen, doch nicht dünnflüssig.

Es wurde hierauf bis 1100° erhitzt, ohne daß Dünnflüssigkeit eintrat; die Schmelze war auch bei dieser Temperatur noch so zäh, daß die äußere Form beibehalten wurde. Das Schmelzintervall ist demnach zwischen 960 bis 1030° gelegen, da bei 1030° keine krystallinen Teile mehr vorhanden waren.

Die Abkühlung ergab bei 1000° geringe Nadelbildung, während volle Erstarrung bei 940° erfolgte. Es ist also eine auffallende Übereinstimmung der Punkte Δ_1 und T_3 zu bemerken.

Zeittemperaturkurven.

(Fig. 2.)

Einen Beweis für das Auftreten einer erhöhten Temperatur im Ausscheidungszustand gibt uns die Kurve III der folgenden Tabelle. Die Kurven stellen die langsame Abkühlung geschmolzener Silikatmischungen dar und hatten den Zweck, Beginn und Ende der Erstarrung festzustellen.

Zweierlei Umstände schränken die Ergebnisse der Beobachtung ein, einmal, weil man in so kurzer Zeit keine homogene krystallinische Masse erzielen kann, und zweitens der Mangel des Rührens, daher die Schmelze im unterkühlten Stadium sich befindet. Man wird deshalb in solchen Schmelzen entweder Glas vorfinden oder bei Fe-haltigen Verbindungen, wie wir sie in diesem Falle vor uns haben, wird infolge der

schnellen Abkühlung eine Magnetitausscheidung eintreten. Beides wurde durch die mikroskopische Untersuchung festgestellt. Ferner ist das Aussehen der Erstarrungskurven von der Krystallisationsgeschwindigkeit abhängig und diese von der Viskosität, weshalb nur jene Silikate den theoretischen Gesetzen, welche von Roozeboom für die Lösungen aufgestellt wurden, folgen werden, die eine bedeutende Krystallisationsgeschwindigkeit besitzen.[1]

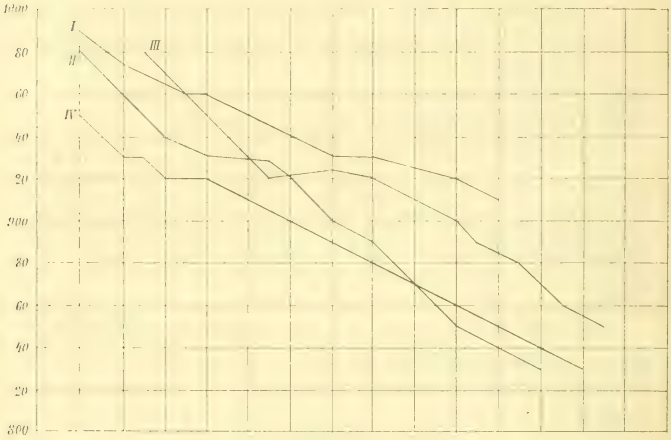


Fig. 2.
Ägirin-Eläolith (Mineralgemenge).

Zur Bestimmung der Umwandlungspunkte empfiehlt B. Roozeboom teils die thermische teils die optische Methode.[2]

Wie man sieht, geht die Abkühlung nicht immer gleichmäßig vonstatten. Nach der Theorie sollten scharfe Knickpunkte in den Kurven nur dort auftreten, wo der Übergang des flüssigen in den festen Zustand beginnt; da dieselben jedoch keineswegs deutlich sind, so ist es möglich, daß die Ausscheidungstemperatur etwas zu niedrig bestimmt wurde, woran hauptsächlich die Übersättigung die Schuld trägt. Um den

[1] C. Doelter, Silikatschmelzen, III (1905).
[2] B. Roozeboom, Heterogene Gleichgewichte. II. 1. p. 168.

Punkt T_3 richtig zu ermitteln, dafür wäre ein sicherer Anhaltspunkt ein zeitweiliges Konstantbleiben der Temperatur, was aber nicht immer der Fall ist, wie man aus den Kurven I und II wahrnehmen kann. Bei der Kurve III dagegen ist ein deutlicher Temperaturstillstand zu beobachten, ja sogar eine kleine Erhöhung tritt ein; auch bei der Kurve IV fehlt dieses horizontale Kurvenstück nicht ganz. Dies würde mit der Theorie stimmen.

Die nächsten vier Versuchsreihen hatten, wie ich schon eingangs erwähnte, den Zweck, die gegenseitigen Beziehungen und Unterschiede festzustellen, welche theoretische, aus chemischen Mischungen hergestellte Silikate gegenüber natürlichen Silikaten aufweisen. Ich untersuchte folgende Reihen:

II. Reihe: Labrador-Fe-Diopsid (Augit) (Mineralgemenge).
III. Reihe: Labrador-Diopsid (chemische Mischungen).
IV. Reihe: Labrador-Nephelin (Mineralgemenge).
V. Reihe: Labrador-Nephelin (chemische Mischungen).

Außerdem untersuchte ich in Gemeinschaft mit Herrn Prof. C. Doelter unter dem Krystallisationsmikroskop folgende Reihen künstlicher Silikate:

I. Labrador-Diopsid,
II. Labrador-Nephelin.

Die aus chemischen Mischungen hergestellten Mineralien waren von Fe und jeder anderen ihren theoretischen Molekülen fremden Beimengung vollständig frei.

II. Reihe.

Labrador-Fe-Diopsid (Augit).

(Mineralgemenge.)

Die verwendeten Mineralien waren: Labrador aus Kamenoi Brod in Rußland Δ_1—Δ_2 1190 bis 1225°,[1] und Fe-Diopsid (Augit) aus Nordmarken in Schweden, Δ_1—Δ_2 1200 bis 1225°.[2]

[1] Die Analyse des Labradors nach Tschermak's Min. petr. Mitteil., N. F., I, 367 = SiO_2 54·55, Al_2O_3 28·68, CaO 11·23, Na_2O 4·62, K_2O 0·42, Summe 100·53.

[2] Analyse nach C. Doelter (Tschermak's Mitteil., N. F., I, 60) = SiO_2 51·05, Al_2O_3 0·17, Fe_2O_3 0·76, FeO 17·34, CaO 22·93, MgO 7·21, MnO 0·21, Summe 99·53.

Versuch	Mengenverhältnis		Krystallisationsprodukte				Glas	
	Labrador	Diopsid	Schmelzpunkte		Erstarrungspunkte		Schmelzpunkte	
			Δ_1	Δ_2	T_3	T_4	T_1	T_2
1	20	80	1165°	1225°	1110°	1075°	1175°	1200°
2	30	70	1150	1200	1085	1025	1140	1165
3	50	50	1135	1190	1075	1000	1105	1150
4	70	30	1140	1210	1110	1020	1145	1175
5	80	20	1165	1215	1120	1025	1150	1195

In einem von Fe dunkel gefärbten Glase liegen eine große Anzahl meist nach $0\bar{1}0$ ausgebildeter größerer und kleinerer Augitkrystalle vom Maximum 45° Auslöschung. An einigen dieser Krystalle ist ein ausgesprochener Zonenbau zu erkennen, was auf einen basaltischen Augit stimmen würde. Meist schon an der abweichenden Färbung der einzelnen Schichten kenntlich, enthalten diese Pyroxene auch öfter kleinere Krystalle eingeschlossen; doch sind sie sehr stark korrodiert und deshalb schwer zu identifizieren (Taf. I, Fig. IV). Die Kryställchen sind von Spaltrissen durchzogen, welche annähernd rechtwinklig wie in Augiten natürlicher Gesteine verlaufen. Manche derselben besitzen eine geringere Auslöschungsschiefe und dürften vielleicht Na aus dem Labrador aufgenommen haben, sind auch viel heller gefärbt. Der Diopsid dürfte sich also zum kleinen Teil in einen Natronaugit umgewandelt haben, in weitaus größerer Menge hat er sich jedoch in den oben erwähnten Augitkrystallen abgesetzt, die häufig von Feldspatleisten umschlossen werden, daher das erste Ausscheidungsprodukt vorstellen.

Der Diopsid von Nordmarken ist bekanntlich ein mehr hedenbergitartiger Pyroxen, da er neben Ca und Mg sehr viel Fe enthält. Durch Tonerdeaufnahme aus dem Labrador entstanden so Augite, welche sich teilweise an die Feldspatkryställchen ansetzten und auf diese Weise eine basische

Randzone bildeten. Dieser Differentiationserscheinung begegnen wir besonders schön im Versuch 2 dieser Reihe. Der Labrador bildet hier in winzig kleinen Krystallen einen Hauptbestandteil der Grundmasse. Etwas größere, schön ausgebildete Individuen haben sich vom Pyroxen vollständig differenziert. Gegen die Tiegelmitte zu sieht man zahlreiche, sehr lange Pyroxennadeln, daneben ein Fe-reiches dunkles Glas und am Tiegelrande eine große Menge Plagioklaskrystalle in ganz regelloser Anordnung (Taf. I, Fig. 2). Infolge der größeren Abkühlungsgeschwindigkeit am Tiegelrand konnten die Labradore sich nur in diesen kurzen Nädelchen ausbilden, trotzdem dieser Feldspat ein bedeutendes Krystallisationsvermögen besitzt. Vielleicht war auch die Schmelze schon zu viskos, so daß hierdurch die Krystallisationsgeschwindigkeit verzögert wurde. Der Labrador ist in allen Versuchen zur Ausscheidung gekommen; er findet sich teils in der Grundmasse, bald aber auch in langen, nach der *C*-Achse schön ausgebildeten Krystallen. Die Schmelze (80 Labrador, 20 Diopsid) besitzt auffallende Porphyrstruktur (Taf. I, Fig. 3). Die Pyroxene sind an manchen Stellen von großen Plagioklaskrystallen eingeschlossen, denen sie als Krystallisationszentren dienten; denn dort, wo wie am Rande die Feldspatleisten sich vom Augit differenziert haben und keine Kryställchen eingeschlossen halten, haben sich die Labradore in viel kleineren Nadeln abgeschieden. Diese Impfwirkung machte sich auch in dem Versuch 4 geltend, doch nicht so charakteristisch wie hier.

In den aus natürlichem Labrador und Fe-reichem Diopsid (Augit) zusammengesetzten Schmelzlösungen schieden sich der Reihenfolge nach aus: dunkel gefärbter, augitartiger Pyroxen, Labrador, Natronaugit und sehr stark Fehaltiges Glas. Daß die Augite Al_2O_3 in bedeutender Menge enthielten, konnte mittels Cäsiumsulfates nachgewiesen werden, indem sich beim Verdunsten der Lösung schön isotrope Krystalle von Cäsiumalaun bildeten.

Es entsteht auch die Frage, warum sich in dieser Reihe aus dem FeO und Fe_2O_3 des Pyroxens nicht Magnetit bildete, wie solchen M. Vučnik aus einem Hedenbergit, allerdings nur unter dem Einfluß einer dritten Komponente, des Olivins als

Impfmittel, erhalten hatte.[1] Bei bloß zwei Komponenten kam dagegen kein Magnetit zur Ausscheidung und in dieser Hinsicht stimmen die beiden Versuchsreihen Anorthit-Hedenbergit und Labrador-Diopsid vollkommen überein. Daß sich der Magnetit jedoch auch ohne Impfmittel bilden kann, sahen wir in der ersten Reihe; dort entstand er in großer Menge aus dem Ägirin durch Zersetzung dieses sehr eisenreichen Minerals. Es dürfte demnach der hedenbergitartige Pyroxen eine größere Stabilität besitzen als der leicht zerfallende Ägirin, der bei hohen Temperaturen unstabil wird.

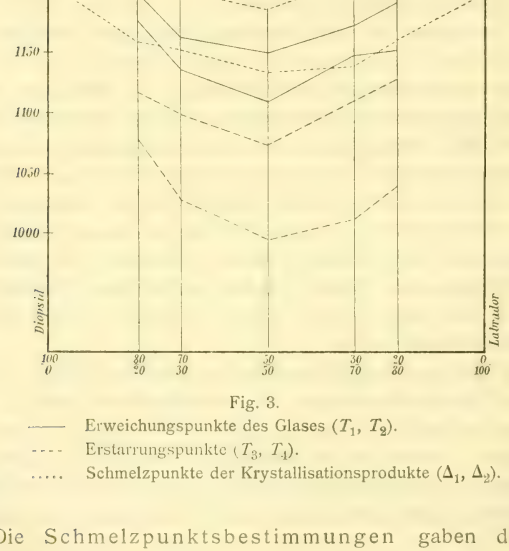


Fig. 3.

—— Erweichungspunkte des Glases (T_1, T_2).
---- Erstarrungspunkte (T_3, T_4).
..... Schmelzpunkte der Krystallisationsprodukte (Δ_1, Δ_2).

Die Schmelzpunktsbestimmungen gaben das in obiges Diagramm zusammengestellte Resultat (Fig. 3). Es wurden fünf Mischungen der beiden Komponenten untersucht und für den tiefsten Schmelzpunkt das Gemenge von 50 : 50

[1] M. Vučnik, Versuche über Ausscheidung aus Silikatschmelzen (1906).

erhalten. Die übrigen Schmelzpunkte differieren um höchstens 30 bis 35°. Bei der eutektischen Mischung tritt eine Schmelzpunktserniedrigung ein, die jedoch minimal ist. Die Schmelzpunkte der Gläser liegen im weitesten Falle um 50° tiefer als die der krystallinen Gemenge. Für die Ausscheidungsfolge hatte die eutektische Mischung keineswegs den Einfluß, der nach Vogt zu erwarten wäre.[1] Im Gegenteil, der Pyroxen ist immer das erste Ausscheidungsprodukt und dort, wo wie in Versuch 3 eine Eutektstruktur auftreten sollte, hat sich Differenzierung in Fe-reichere und Fe-ärmere Partien ergeben, indem eine Trennung nach dem spezifischen Gewicht erfolgte. Auch in Versuch 1 traten ähnliche Erscheinungen auf. Haben die beiden Komponenten annähernd gleiches Krystallisationsvermögen, so wird die Ausscheidung, falls Unterkühlung stattfindet, derart erfolgen können, daß sich bald die eine, bald die andere Komponente abscheidet. In unserem Falle ist dies jedoch nicht möglich, da der Pyroxen den Labrador an Krystallisationsvermögen weit übertrifft und auch dann, wenn er nur in geringer Menge vorhanden ist, eher als der Feldspat auskrystallisieren wird, wie dies die ausgeführten Versuche gezeigt haben.

Zeittemperaturkurven.

(Fig. 4.)

Die Zeittemperaturkurven zeigen ähnliche Verhältnisse wie die der ersten Reihe. Knickstellen treten auch hier auf, jedoch scheint ihre Gegenwart weniger in dem beginnenden Ausscheidungsprozeß begründet zu sein, vielmehr dürfte die verschiedene Abkühlungsgeschwindigkeit in den einzelnen Teilen der Schmelze die scharfen Temperaturschwankungen hervorgerufen haben. In den Kurven IV und V treten fast keine Knickstellen auf und nähern sich dieselben dem von C. Doelter aufgestellten Typus für Silikate von kleinerem Krystallisationsvermögen, d. h. die Linie nähert sich einer Geraden.[2] Dies tritt

[1] Vogt, Silikatschmelzen, II (1903).

[2] C. Doelter, Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, Wien (1906).

besonders deutlich bei der Mischung 70 Labrador, 30 Diopsid hervor.

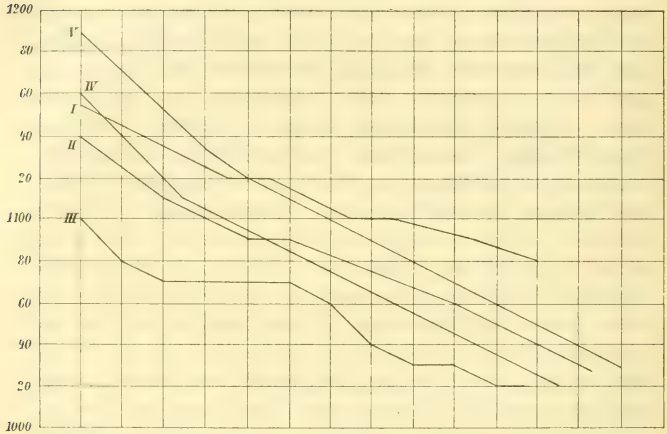


Fig. 4.
Labrador-Diopsid (Mineralgemenge).

III. Reihe.

Labrador-Diopsid.

(Chemische Mischungen.)

Für die Versuche dieser Reihe stellte ich chemische Mischungen von folgender Zusammensetzung her:

$$\text{Labrador} \begin{cases} 2(CaAl_2Si_2O_8) \\ NaAlSi_3O_8 \end{cases}$$

und

$$\text{Diopsid } CaMgSi_2O_6.$$

Die Versuchsbedingungen waren in allen Versuchen die gleichen wie bei der vorigen Reihe.

Versuch	Mengenverhältnis		Krystallisationsprodukte				Glas	
	Labrador	Diopsid	Schmelzpunkte		Erweichungspunkte		Schmelzpunkte	
			Δ_1	Δ_2	T_3	T_4	T_1	T_2
1	10	90	1245°	1285°	1135°	1075°	1215°	1250°
2	20	80	1250	1295	1130	1070	1235	1295
3	30	70	1240	1285	1130	1050	1200	1240
4	40	60	1240	1290	1135	1060	1175	1210
5	50	50	1240	1280	1140	1075	1200	1230
6	60	40	1245	1295	1135	1075	1210	1235
7	70	30	1250	1295	1130	1065	1200	1240
8	80	20	1240	1290	1125	1075	1205	1245
9	90	10	1235	1275	1120	1080	1210	1230

Eine helle Grundmasse, bestehend aus Glas, enthält der Hauptsache nach kleine Diopsidnädelchen, zwischen welchen oft ganz regellos Labradorkrystalle eingebettet liegen. Die Schmelze des Versuches 4 zeigt an einigen Stellen eine der mikropoikilitischen Struktur ähnliche Verwachsung, welche wir in den anderen Schliffen nicht finden (Taf. I, Fig. 5).

Als Ausscheidungsprodukte treten in den Schmelzen auf: Augit, Labrador, Diopsid und Glas. Nur bei überwiegendem Auftreten des Labradors kam die andere Komponente nicht zur Ausscheidung (Versuch 8 und 9). Die Diopside haben teilweise Tonerde und Na aufgenommen; letzteres wurde durch Prüfung mit Uranylacetat festgestellt. Es entstanden also auch in dieser Reihe Augite, welche sich sehr häufig als Einschlußprodukt großer Plagioklaskrystalle vorfinden. Merkwürdig ist, daß bei den Versuchen mit natürlichem Diopsid der Augit immer entstand, während er hier nur in geringer Menge zur Ausscheidung kam, in vielen Schliffen sogar ganz fehlt. Die Ursache hierfür liegt wohl in der verschiedenen chemischen Zusammensetzung des natürlichen und künstlichen Diopsids; der Fe-haltige hedenbergitartige Pyroxen

ist zu Umsetzungen jedenfalls mehr geneigt als ein Diopsid von der einfachen Formel $CaMgSi_2O_6$.

In den natürlichen Schmelzen setzen das Fe sowie kleine Mengen von anderen basischen Atomgruppen die Zähigkeit der Schmelze doch so weit herab, daß Reaktionen leichter vor sich gehen können als in den stark viskosen der künstlichen Reihe. Dieser letztere Umstand dürfte auch der Grund sein, weshalb der Diopsid in den letzten beiden Versuchen im Glase stecken geblieben ist.

Der Labrador ist in allen Versuchen zur Ausscheidung gekommen. Mehreremale, namentlich dort, wo der Plagioklas im Überschuß in der Schmelze vorhanden war, setzte sich die Bildung des Labradors auch nach der Abscheidung des Diopsids fort. Seine Ausbildung erfolgte meist in langen Nadeln, nur selten in mehr körniger Form, dann jedoch immer von größeren Pyroxenkrystallen eingeschlossen. Manche Krystalle besitzen eine höhere Auslöschung von zirka 25 bis 28°, sind daher Ca-reicher geworden. In Versuch 5 ist sogenannte Aggregatpolarisation eingetreten, die Auslöschungsschiefe daher nur schwer festzustellen; dieselbe wächst ebenso wie die Lichtbrechung von außen zirka 20°, nach innen zirka 28°, so daß der Kern die größte Basizität besitzt. Auch bei den Augiten der vorigen Reihe traten ähnliche Erscheinungen auf.

Die Differentiation wird durch die größere Viskosität des Magmas entschieden nachteilig beeinflußt. Nach C. Doelter tritt gerade dort gerne Differentiation ein, wo die beiden Komponenten annähernd in gleicher Menge in der Schmelzlösung vorhanden sind.[1] Ein treffendes Beispiel eben erwähnten Satzes sahen wir in der natürlichen Reihe, wo wir statt einer Eutektstruktur Sonderung in zwei Partien erhielten. Bei den künstlich zusammengesetzten Schmelzen dieser Reihe sind wohl auch Differentiationserscheinungen zu erkennen; so hat sich in Versuch 4 der Labrador an den Tiegelwänden abgesetzt, in Versuch 6 ist sogar eine völlige Trennung der beiden Komponenten eingetreten, doch ist dieses Absonderungsbestreben lange nicht so charakteristisch wie in den Versuchen der letzten

[1] C. Doelter, Chem. phys. Min., XI, p. 147.

Reihe; die Trennung ist vielmehr eine schlierenartige und entspricht dem Falle A 1 α der von R. Freis aufgestellten Differentiationstabelle.

Die Schmelzpunktsbestimmungen ergaben folgendes Resultat (Fig. 5):

Die Schmelzpunkte der Krystallisationsprodukte ebenso wie die der Gläser liegen im ersten Falle um zirka 80°, im

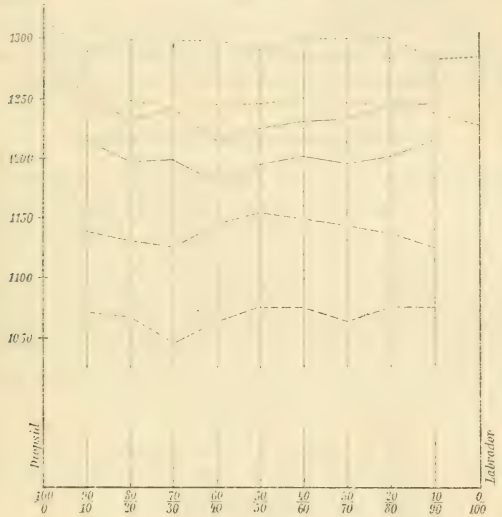


Fig. 5.

—— Erweichungspunkte des Glases (T_1, T_2).

---- Erstarrungspunkte (T_3, T_4).

..... Schmelzpunkte der Krystallisationsprodukte (Δ_1, Δ_2).

zweiten Falle noch um zirka 60° höher als dieselben Punkte der vorigen Reihe. Die Kurven der Punkte Δ_1 und Δ_2 verlaufen ähnlich wie bei natürlichem Labrador und Diopsid.

Eine Erniedrigung unter den Schmelzpunkt der niedriger schmelzenden Komponente hat diesmal nicht stattgefunden; die Schmelzpunktserniedrigung ist nur eine einseitige.

Was die Kurve der amorphen Phasen betrifft, so verläuft dieselbe viel unregelmäßiger. Den tiefsten Schmelzpunkt

besitzt die Mischung 60 Diopsid, 40 Labrador; dieselbe ist auch durch ein geringes Schmelzintervall gekennzeichnet.

C. Doelter hat die Ansicht widerlegt, daß die am schwersten schmelzbare Komponente zuerst auskrystallisieren muß. Der Schmelzpunkt übt sicherlich einen gewissen Einfluß aus, aber bei weitem nicht den, welchen man ihm früher zuschrieb. So sehen wir in der natürlichen Reihe immer den niedriger schmelzenden Pyroxen, in den aus chemischen Mischungen hergestellten Schmelzen aber den Labrador als erstes Produkt der Ausscheidung, trotzdem der letztere um beinahe 80° niedriger schmilzt als der künstliche Diopsid.

Der Schmelzpunkt des Labradors.

Um den Schmelzpunkt des künstlichen, chemisch reinen Labradors zu bestimmen, führte ich mehrere Krystallisationsversuche aus. Die ersten Versuche führten zu keinem Resultate, da in der Schmelze immer etwas Glas vorhanden war, welches ja bekanntermaßen den Schmelzpunkt herabdrückt. Aus der vollständig krystallin erstarrten Masse wurde ein Dünnschliff angefertigt und eine besonders schön krystallisierte Partie desselben unter das Mikroskop für hohe Temperaturen gebracht. Die Resultate waren:

1210—1220°	Die Kanten runden sich deutlich ab.
1240°	Es bilden sich in dem tiefer gelegenen Teil der Schmelze einige Tropfen.
1260°	Die Tropfenbildung nimmt zu.
1270°	Der größte Teil ist flüssig, aber noch keine Formänderung. Auffallende Schleierbildung.
1275°	Vollkommen flüssig.
1280—1290°	Die Schmelze ist durchsichtig, jedoch so zäh, daß dieselbe nicht in einen Tropfen zusammenfließt.
1280°	Beginn der Abkühlung.
1185°	Beginn der Krystallbildung.
1170—1160°	Es bilden sich feine Nädelchen in büschelförmiger Anordnung.
1140°	Die Krystallbildung setzt sich fort.
1115°	Alles erstarrt. Auch etwas Glas hat sich gebildet.

Der künstliche, doch nicht ganz glasfreie Labrador schmilzt also zwischen 1220 bis 1285°. Auch C. Doelter hat für den Schmelzpunkt des Labradors fast den gleichen Wert erhalten; er beträgt nach diesem Forscher 1275°.[1] Für den glasfreien Labrador dürfen wir jedoch immerhin eine Erhöhung von mindestens 30 bis 50° annehmen.

Versuche unter dem Krystallisationsmikroskop.

Die Ausscheidungsfolge wurde auch unter dem Krystallisationsmikroskop geprüft und bestätigte diese den Krystallisationsprozeß insofern, als die im elektrischen Vertikalofen bestimmten Schmelz- und Erstarrungspunkte den unter dem Mikroskop bestimmten sehr nahe kommen. Die Unterschiede beliefen sich auf zirka 20 bis 25°, was auf die Verschiedenheit der Methode zurückgeführt werden muß.

Die Versuche wurden derart ausgeführt, daß ein Teil der möglichst krystallin erstarrten Schmelze, welche Prüfung jedesmal unter dem Polarisationsmikroskop vorgenommen wurde, zu einem homogenen Glase zusammengeschmolzen wurde. Von diesem Glase wurden kleine Splitter in einem Quarzschälchen unter das Krystallisationsmikroskop gebracht und hierauf die Schmelz- und Erstarrungspunkte mittels des Thermostromes sowie die Ausscheidungsfolge bestimmt.[2]

I. Versuch: 30 Labrador, 70 Diopsid.

Für die Schmelz- und Erstarrungspunkte wurde nach der Bestimmung im elektrischen Ofen erhalten:

T_1—T_2.....1200 bis 1240°,
T_3—T_4.....1130 bis 1045°.

Aus dem Krystallisationsversuch, den ich mit dieser Mischung anstellte, ergaben sich als Ausscheidungsprodukte in der Aufeinanderfolge: Labrador, Diopsid und helles Glas.

---

[1] Zeitschrift für Elektrochemie, Bd. 12 (1906).

[2] Methode siehe C. Doelter, Silikatschmelzen, III.

Das Glas wurde bis 1200° erhitzt und dann sehr langsam abgekühlt, indem die Temperatur durch einen Widerstand beliebige Zeit lang konstant gehalten werden konnte.

980—1000°	Die Kanten beginnen sich zu runden.
1100°	Beginn des Schmelzprozesses.
1170—1200°	Die Schmelze verändert ihre Gestalt. Bei 1200° war alles vollkommen geschmolzen.
1160°	Beginn der Bildung von sehr feinen Labradornädelchen an den Rändern der Schmelze.
1130—1100°	Die Bildung der Krystalle nimmt bedeutend zu.
1040—1060°	Unter den Labradornädelchen zeigen sich kleinere Krystalle von hellerer Farbe und geringerer Lichtbrechung; es sind dies Diopside.
1035°	Beginn des Festwerdens.
1010°	Auch das Glas verfestigt sich; es hat sich jedoch nur sehr wenig gebildet.

II. Versuch: 50 Labrador, 50 Diopsid.

Für die Schmelz- und Erstarrungspunkte erhielt ich:

T_1—T_2.....1200 bis 1230°,
T_3—T_4.....1140 bis 1070°.

Aus dem Krystallisationsversuch ergaben sich als Ausscheidungsprodukte Labrador und Diopsid; die Labradorausscheidung setzte sich aber nach Bildung des Diopsids noch fort, endlich Glas. Das Glas wurde diesmal bis 1240° erhitzt.

1000—1060°	Die Kanten beginnen ihre Form zu verändern.
1165°	Beginn des Schmelzens.
1200—1220°	Das Glas schmilzt zusammen.
1240°	Alles vollkommen geschmolzen.
1185°	Die ersten Labradornadeln erscheinen in der Schmelze.
1160°	Die Schmelze ist fast krystallin und besteht aus einer großen Menge kleinster Labradorkryställchen.
1130°	In der Glaspartie erscheinen längliche Nadeln von Diopsid.

1120° Die Diopsidausscheidung hält noch an. Labrador bildet sich nicht mehr.
1130—1100° Alles krystallin erstarrt, kein Glas.

III. Versuch: 70 Labrador, 30 Diopsid.

Die Bestimmung im elektrischen Ofen ergab:

T_1—T_2.....1200 bis 1235°,
T_3—T_4.....1135 bis 1060°.

Der Schliff zeigte eine Differenzierung in eine labradorreiche Partie und einen glashaltigen Randsaum kleiner Diopsidkryställchen. Labrador war das erste Ausscheidungsprodukt.

1100° Die Kanten verändern sich.
1130—1150° Ist der größte Teil des Glases geschmolzen.
1200° Alles flüssig.
1240° Die Schmelze bildet einen zähen Tropfen.
1120° Beginn der Krystallbildung. An den Rändern scheiden sich sehr kleine nadelförmige Kryställchen ab. Nicht identifizierbar, da die Schmelze einen Tropfen bildet.
1110—1080° Die Krystallbildung schreitet fort.
1000° Alles erstarrt mit Ausnahme des Glases.
980° Auch das Glas ist fest.

Bei den Versuchen unter dem Krystallisationsmikroskop schied sich also der Labrador immer zuerst aus; der Diopsid folgte erst in zweiter Linie oder er erstarrte glasig. Auch konnte beobachtet werden, wie die Bildung des Labradors über die Abscheidung des Diopsids hinaus fortdauerte.

Zeittemperaturkurven.

(Fig. 6.)

Temperaturschwankungen treten auch bei den aus chemischen Mischungen hergestellten Schmelzen auf. Auffallend ist jedoch das verhältnismäßig rasche Sinken der Temperatur

gegen das Ende der Erstarrung hin, was besonders bei einem Vergleich der Kurven mit denen der vorigen Reihe auffällt. Die Mischung 50 : 50 enthält bei 1130° einen scharfen Knickpunkt; derselbe differiert nur um 10° mit dem Punkte T_3 und konnte auch mit Hilfe des Platinstabes als oberer Ausscheidungspunkt ermittelt werden. Auch in den Kurven I und II ist eine Kurvenänderung bei 1130° bemerkbar. Auch hier konnten die Knickpunkte mit dem Beginn der Erstarrung identifiziert werden. Die Kontrollversuche mit dem Krystallisationsmikroskope ergaben eine gute Übereinstimmung, sowohl was Dauer der Abkühlung als Ausscheidung betrifft.

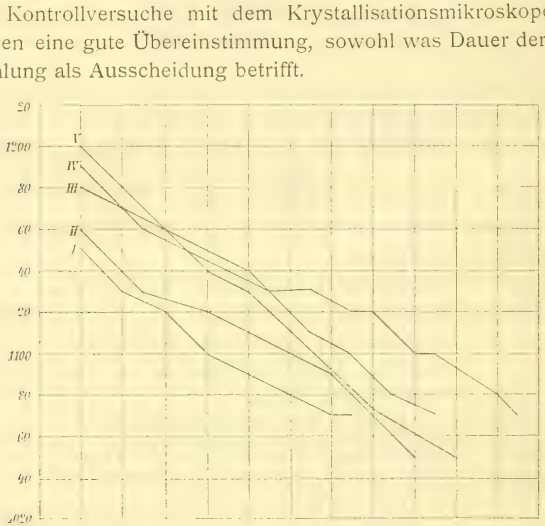


Fig. 6.
Labrador-Diopsid (chemische Mischungen).

IV. Reihe.

Labrador-Nephelin.

(Mineralgemenge.)

Verwendet wurden folgende Mineralien: Labrador aus Kamenoi Brod, Δ_1—Δ_2 1190 bis 1225°, und Nephelin aus Miass im Ilmengebirge, Δ_1—Δ_2 1190 bis 1220°.

Versuch	Mengenverhältnis		Krystallisationsprodukte				Glas	
			Schmelzpunkte		Erstarrungspunkte		Schmelzpunkte	
	Labrador	Nephelin	Δ_1	Δ_2	T_2	T_1	T_1	T_2
1	20	80	1130°	1210°	1090°	1010°	1110°	1190°
2	30	70	1120	1200	1075	1020	1090	1170
3	50	50	1125	1180	1060	945	1075	1160
4	70	30	1140	1210	1105	1005	1110	1185
5	80	20	1150	1215	1090	1010	1125	1185

In dieser Versuchsreihe treten als Ausscheidungsprodukte auf: Labrador, Nephelin, ein Ca-ärmerer und Na-reicherer Plagioklas der Andesinreihe und Glas.

Am schönsten entwickelt sind die Labradorkrystalle. Daß dieselben in allen Versuchen das erste Ausscheidungsprodukt darstellen, erkennt man daran, daß sie von den Nephelinskeletten häufig eingeschlossen werden, oder der Nephelin liegt in vollständig allotriomorpher Begrenzung zwischen idiomorph ausgebildeten Labradorkrystallen und erinnert dadurch an die sogenannte Nephelinfülle in Nephelinbasalten und Nephelinbasaniten, wo er oftmals als farblose Zwischenmasse auftritt (Taf. II, Fig. 6). In den Schmelzen sind die Nephelinskelette und kleine Labradornädelchen oftmals radial um die größeren Krystalle angeordnet und erwecken hierdurch den Eindruck einer Strömung gegen den Mittelpunkt hin. Die Ursache dieser Strömungserscheinungen liegt in Konzentrationsänderungen der feuerflüssigen Schmelze. Bei der Krystallisation wird Wärme frei. Der Krystall wächst, indem er der übersättigten Lösung Substanz entzieht, wodurch die Übersättigung rings um den Krystall aufgehoben wird; infolge der eintretenden Dichteänderung steigt die in unmittelbarer Nähe des Krystalls befindliche Lösung auf, wodurch dieses fluidale Gepräge entsteht.[1]

Einen Beweis dafür, daß die Schmelzen sehr viskos waren, liefert der Umstand, daß sich der Nephelin nur skelettartig

[1] C. Doelter, Phys. chem. Min., Kap. XIX, p. 185.

entwickelte; diese Krystallskelette besitzen ein eigenartiges Aussehen. Von einem Krystallisationszentrum aus wachsen die Nephelinleisten in einspringenden Winkeln von zirka 120° zu sechseckigen Querschnitten heran und bilden auf diese Weise sehr hübsche ornamentartige Wachstumsformen. Nur vereinzelt haben sich die Nepheline in kleinen holoedrischen Prismen abgesetzt, dann aber meist differenziert vom Labrador. Diese gedrungenen kleinen Nephelinsäulchen bilden sich nur bei sehr langsamer Abkühlung und zeigen, daß die Krystallisationsgeschwindigkeit in der Richtung der Hauptachse eine sehr geringe ist. Oftmals erstarrte das Nephelinmolekül auch glasig. Dieses Glas besitzt jedoch keinen ganz isotropen Charakter, indem im polarisierten Lichte undulöse Auslöschungswellen darüber hingleiten. Ein weiteres Ergebnis dieser Versuchsreihe sind die Differentiationserscheinungen in Versuch 3 und 5. Dieselben sind schon an der verschiedenen Färbung recht gut zu erkennen (Taf. II, Fig. 10). Zu erwähnen wäre noch, daß gerade dort, wo wie in Versuch 3 eine Eutektstruktur auftreten sollte, die Fe-reiche krystallinische Partie sich von dem glasigen Anteil der Schmelze trennte, und die Beobachtung, daß in dem Fe-reicheren Teile der Schmelze desselben Versuches sich größere Krystalle gebildet hatten als in dem Fe-armen.

Die Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungspunkte ergab folgendes Resultat (Fig. 7):

Die Kurve der krystallinen Gemenge zeigt eine Erniedrigung unter den Schmelzpunkt der niedriger schmelzenden Komponente.

Die Kurve der Gläser verläuft der der krystallinen Gemenge ziemlich parallel; eine Eutektstruktur ist nirgends wahrzunehmen. Die verschiedene Krystallisationsgeschwindigkeit, das verschiedene Krystallisationsvermögen, die Unterkühlung und die Bildung neuer Verbindungen verhinderten die Entstehung einer solchen Struktur. Auch fehlt gerade den Schmelzen, welche Nephelin enthalten, oftmals ein Eutektikum und verhält sich dieses Mineral in dieser Hinsicht ähnlich dem Albit. Die Erstarrungspunkte liegen zirka 175 bis 200° tiefer als die Schmelzpunkte. Die beiden Silikate scheinen dem

Raoult'schen Gesetz zu folgen, denn die Schmelzpunkte der krystallinen Gemenge liegen unter den Schmelzpunkten der beiden Ausgangskomponenten; auch in der zweiten Versuchsreihe ist dies zu beobachten. Daß aber die Raoult'sche Formel auf die beiden Silikate nicht anzuwenden ist, dafür spricht die mikroskopische Untersuchung; denn die Schmelzen enthielten

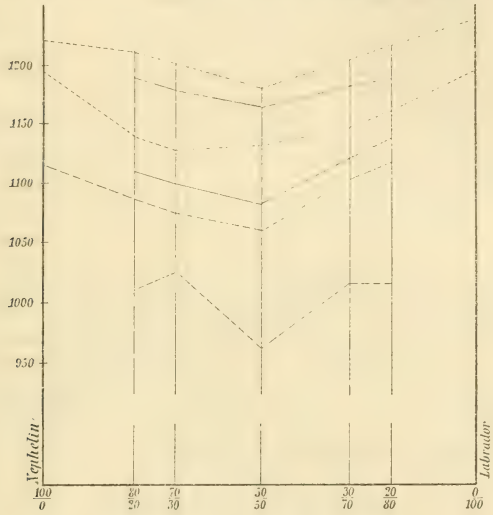


Fig. 7.

—— Erweichungspunkte des Glases (T_1, T_2).
---- Erstarrungspunkte (T_3, T_4).
..... Schmelzpunkte der Krystallisationsprodukte (Δ_1, Δ_2).

trotz langsamer Abkühlung noch Glas. Das Raoult'sche Gesetz kann jedoch nur bei vollkommen glasfreien Schmelzen Anwendung finden, da sonst drei statt zwei Komponenten vorliegen.

Zeittemperaturkurven.

(Fig. 8.)

Die Erstarrungskurven sinken wie in der ersten und zweiten Reihe ziemlich rasch und gehen dann bei beginnender

Ausscheidung in ein mehr konvexes Stück über. Die Kurve 3 enthält einen charakteristischen Knickpunkt, sowie einen etwas mehr horizontalen Ast, welcher auch den übrigen Kurven nicht ganz fehlt. Vielleicht hängt dies nach der Roozeboom'schen Anschauung mit dem Eutektikum zusammen, insofern mit der Konzentrationsänderung auch das horizontale Kurvenstück kürzer wird, um schließlich 0 zu werden.

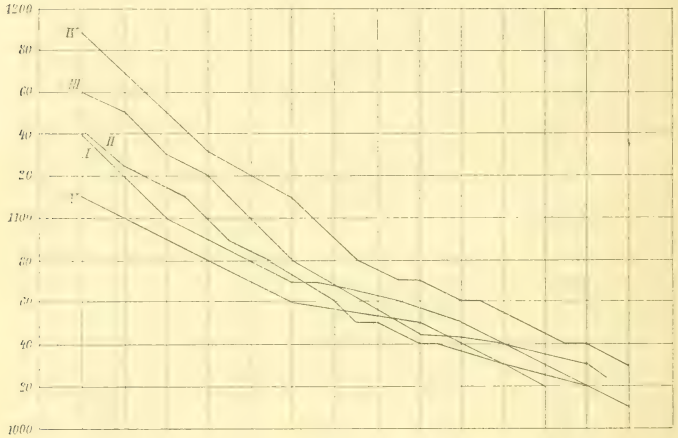


Fig. 8.
Labrador-Nephelin (Mineralgemenge).

V. Reihe.

Labrador-Nephelin.

(Chemische Mischungen.)

Die chemische Zusammensetzung der Mischungen war die folgende:

$$\text{Labrador} \begin{cases} 2\,(CaAl_2Si_2O_8) \\ NaAlSi_3O_8 \end{cases}$$

und

$$\text{Nephelin } NaAlSiO_4.$$

Die Versuchsbedingungen waren dieselben wie in der letzten Reihe.

Versuch	Mengenverhältnis		Krystallisationsprodukte				Glas	
	Labrador	Nephelin	Schmelzpunkte		Erstarrungspunkte		Schmelzpunkte	
			Δ_1	Δ_2	T_3	T_4	T_1	T_2
1	10	90	1220°	1240°	1135°	1075°	1155°	1225°
2	20	80	1205	1245	1115	1085	1135	1220
3	30	70	1210	1250	1115	1100	1150	1210
4	40	60	1205	1240	1095	1055	1120	1200
5	50	50	1210	1250	1110	1070	1130	1185
6	60	40	1210	1235	1110	1050	1140	1175
7	70	30	1215	1240	1100	1070	1135	1175
8	80	20	1225	1245	1120	1075	1145	1190
9	90	10	1220	1230	1125	1075	1160	1195

In dieser Reihe künstlicher Mischungen von Labrador und Nephelin ist der Labrador das erste Ausscheidungsprodukt; dort, wo der Nephelin im Überschuß vorhanden ist, enthalten größere Plagioklaskrystalle auch Nephelineinschlüsse, doch sind die ersteren dann bereits Ca-ärmer und besitzen demnach ein geringeres Krystallisationsvermögen. Die sehr deutliche Zwillingsbildung der Plagioklase erfolgte außer nach dem Albitgesetz auch nach dem Periklingesetz, denn die beiden Lamellenzüge durchkreuzen sich in vielen Schnitten und erhalten hierdurch einen mikroklinähnlichen Charakter.

Im allgemeinen schieden sich die Nepheline um so früher aus, je weniger Labrador in der Schmelze vorhanden war; selbst dann, wenn nicht so langsam abgekühlt worden war, hatten sich prismenartig ausgebildete Nephelinkryställchen gebildet. Der Nephelin bildet in den meisten Schliffen Krystalle mit treppenförmig vertieften Flächen, sogenannte gestrickte Formen,[1] ganz ähnlich dem Versuch 2 in der Reihe mit natürlichen Mineralien (Taf. II, Fig. 7). Unter gekreuzten Nikols werden manche dieser Nephelinskelette scheinbar isotrop; die Ursache hierfür liegt in einer Anhäufung kleinster Nephelin-

[1] Bruhns, Elemente der Krystallographie (1902).

nädelchen.[1] Deutlich erkennt man das Bestreben des Nephelinmoleküls, reguläre Sechsecke zu bilden, sowie die Tatsache, daß die Bildung der Krystalle von innen nach außen zu fortschreitet.

Die Korrosion hat die Krystalle dieser künstlichen Schmelzen nicht in demselben Maße angegriffen wie in den natürlichen doch wurden die Plagioklasnadeln stärker gelöst als die Nephelinkryställchen, da das Glas sehr viel Ca enthält, denn, mit H_2SO_4 in Reaktion gebracht, bildeten sich schöne Gipskryställchen (Taf. II, Fig. 8).

Die Differentiation ist in dieser Reihe eine mehr schlierenartige; die eine Komponente steckt in mehr oder weniger ovaler bis kreisrunder Form in der anderen, ohne jedoch eine scharfe Abgrenzung zu besitzen. In Versuch 8 sehen wir wohl etwas schärfer abgetrennte Glaspartien, doch sind dieselben von krystallinischen Partien durchzogen und daher nicht so auffallend, wie wir es bei den natürlichen Mineralgemengen der früheren Reihe beobachten konnten.

Die Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungspunkte hatte folgendes Ergebnis (Fig. 9):

Die Kurve der Punkte Δ_1 und Δ_2 liegt um zirka 75°, beziehungsweise 45° höher als die der vorigen Reihe. Die obere Schmelzkurve der krystallinen Gemenge weist keine Erniedrigung unter den Schmelzpunkt der niedriger schmelzenden Komponente auf. Die Kurve des Glases verläuft dagegen sehr unregelmäßig. Ein scharfer eutektischer Punkt ist nicht wahrzunehmen; am meisten entsprechen würde einem solchen die Mischung 60 Labrador, 40 Nephelin. Bei Mineralien mit nicht sehr differentem Schmelzpunkt liegt derselbe ja meistens in der Mitte; auch das verhältnismäßig geringe Schmelzintervall spricht dafür.

Infolge der Unterkühlung liegen die Erstarrungskurven um fast 150° tiefer als die Schmelzkurven. Durch die Untersuchungen im Mikroskop wurde festgestellt, daß sich die Labradore zwischen 1190 bis 1130°, die Nepheline bei 1130° bildeten. Vollständige Erstarrung trat bei zirka 1080° ein, was

[1] H. Reiter, Experimentelle Studien an Silikatschmelzen (1906).

mit den Beobachtungen im elektrischen Vertikalofen ziemlich gut übereinstimmt. Bei Labrador-Nephelin scheidet sich gerne der erstere zuerst aus und in Gesteinen finden wir den Labrador fast immer vor dem Nephelin abgeschieden. Demnach scheint das Krystallisationsvermögen des künstlichen Nephelins etwas größer zu sein als das des natürlichen, da in den Versuchen dieser Reihe die Skelettbildung sehr mangelhaft auftritt.

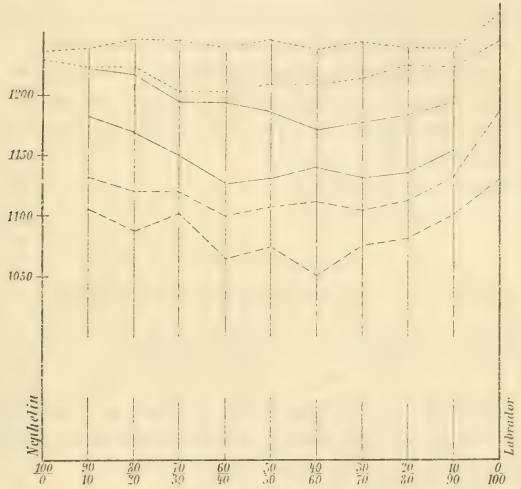


Fig. 9.

—— Erweichungspunkte des Glases (T_1, T_2).
---- Erstarrungspunkte (T_3, T_4).
..... Schmelzpunkte der Krystallisationsprodukte (Δ_1, Δ_2).

Versuche unter dem Krystallisationsmikroskop.

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie in der dritten Reihe:

I. 30 Labrador, 70 Nephlin.

Für die Schmelz- und Erstarrungspunkte wurde nach den Bestimmungen im elektrischen Ofen erhalten:

T_1—T_2.....1150 bis 1210°,
T_3—T_4.....1115 bis 1100°.

Bei dem Krystallisationsversuch im Fourquignon-Ofen erhielt ich als Ausscheidungsprodukte: Labrador in Nadeln und Nephelin in blaugrauen Tafeln, daneben auch Glas.

Das Glas wurde bis 1240° erhitzt.

1160° Die Kanten der Hohlräume beginnen sich zu runden.
1200° Verändert sich auch die äußere Form.
1220° Die Schmelze ist zähflüssig.
1240° Alles vollkommen geschmolzen. Beginn der Abkühlung.
1200° Beginn der Bildung feinster Labradornädelchen.
1165° Die Labradorbildung setzt sich fort.
1145° Es bilden sich Schleier, wahrscheinlich Nephelin.
1130° Die Nepheline mehren sich; auch Labradorskelette scheiden sich noch aus.
1120° Beginn der Erstarrung.
1110° Die Schmelze ist fest.

II. 50 Labrador, 50 Nephelin.

Die Schmelz- und Erstarrungspunkte betragen:

T_1—T_2 . . . . . 1135 bis 1190°,
T_3—T_4 . . . . . 1110 bis 1070°.

Die Reihenfolge der Ausscheidungsprodukte beim Krystallisationsversuch war folgende: Labrador-Nephelin und Glas.

Das Glas wurde bis 1250° erhitzt.

1130—1150° Die Kanten runden sich ab.
1170° Ein kleiner Teil der Schmelze fließt tropfenartig zusammen.
1200—1230° Alles geschmolzen.
1240° Die Schmelze ist ganz dünnflüssig.
1190° Bilden sich vom Rande aus kleinste feine Labradornädelchen.
1185° Die Nadeln wachsen und nehmen an Größe bedeutend zu. An einigen Stellen scheiden sich noch neue aus.
1175° Die Kryställchen beginnen sich auch in dem mittleren Teile des Glases zu bilden, einige zeigen deutliche Lamellenstreifung.

1165—1160° Der Nephelin fängt an, sich auszuscheiden; auch Labradore bilden sich noch.
1140° Nephelinbildung.
1110° Die Schmelze beginnt zu erstarren; die glasigen Teile sind noch flüssig.
1100—1095° Auch das Glas ist fest, es hat sich jedoch nur in geringer Menge gebildet.

III. 70 Labrador, 30 Nephelin.

Die Schmelz- und Erstarrungspunkte sind:

T_1—T_2.....1135 bis 1175°.
T_3—T_4.....1100 bis 1070°.

Die Ausscheidungsfolge war folgende: Labrador, Nephelin und Glas.

Es wurde bis 1240° erhitzt.

1140—1150° Die Kanten verändern sich.
1200° Alles geschmolzen.
1240° Maximaltemperatur, dann Beginn der Abkühlung.
1185° Bildung der Labradorkrystalle.
1150° Es scheiden sich noch Labradornadeln aus.
1120° In der Mitte der Schmelze bildet sich etwas Nephelin.
1100° Die Krystalle haben sich bereits verfestigt, nur wenig Glas ist vorhanden, das bei
1080° erstarrt.

Die Versuche unter dem Krystallisationsmikroskop bestätigen also die bei den Krystallisationsprodukten bestimmte Ausscheidungsfolge. Auch hier deutet die eigentümliche Schleierbildung des Nephelins auf ein geringes Krystallisationsvermögen. Vielleicht hängt dies auch damit zusammen, daß sich dieses Mineral in die amorphe Phase umwandelt, ohne daß es flüssig wird. Die Nephelinschmelze ist eben sehr viskos und besitzt infolgedessen nur wenig Neigung, sich krystallinisch abzuscheiden. Die Plagioklaskrystalle haben sich in größeren Individuen gebildet als in den Versuchen der III. Reihe.

Zeittemperaturkurven.

(Fig. 10.)

Auch hier wurden die Abkühlungskurven unter dem Mikroskop kontrolliert und die Erstarrungspunkte T_3 und T_4 mit den im elektrischen Ofen bestimmten verglichen; auch diesmal wurden die Punkte etwas zu niedrig erhalten, da die Schmelzen infolge ihres hohen Sättigungsgrades sehr rasch

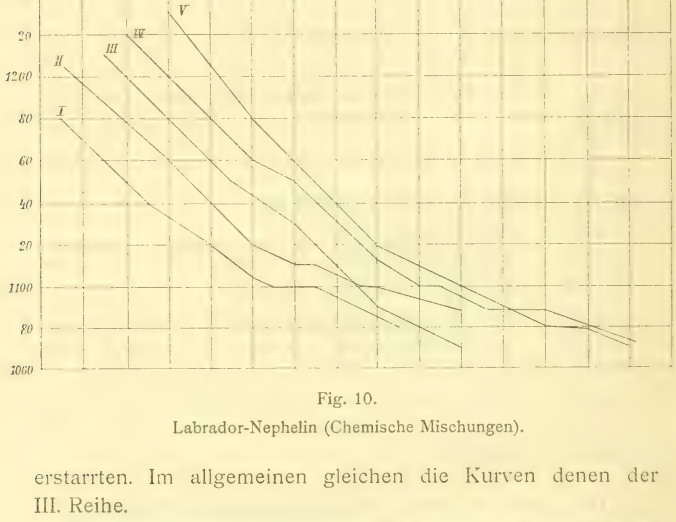


Fig. 10.

Labrador-Nephelin (Chemische Mischungen).

erstarrten. Im allgemeinen gleichen die Kurven denen der III. Reihe.

Vergleichen wir die mittels des Platinstabes im elektrischen Vertikalofen ermittelten Punkte mit den Knickstellen in den Kurven, so kommen wir auf eine Differenz von 20°; bei der Mischung 70 Labrador, 30 Nephelin stimmen jedoch beide ziemlich gut überein. Die Ursachen dieser Differenzen wurden bereits in der Einleitung dieser Arbeit besprochen, doch möchte ich erwähnen, daß sich in dieser Reihe auch die Resultate einer mehrmaligen Bestimmung der Erstarrungspunkte in einem Intervall von 20 bis 25° bewegte, namentlich dann, wenn

etwas Glas vorhanden war. In diesem Falle ist auch die optische Methode zur Bestimmung der Erstarrungspunkte ungenau.

Betrachten wir zusammenfassend die ausgeführten Versuche, so sehen wir, daß die Dissoziation als ein wichtiger Faktor der Mineralbildung in Betracht kommt. Wir gingen in jeder Reihe von zwei Komponenten aus und erhielten in den aus Mineralgemengen bestehenden Reihen neu Magneteisen und Augit, während in den aus chemischen Mischungen hergestellten künstlichen meist die beiden Komponenten wieder zur Ausscheidung kamen. Aber auch hier lassen die Plagioklaskrystalle bald eine Ca-Aufnahme, bald eine Ca-Abgabe erkennen, was vielfach auch die Ausscheidung beeinflußte, indem die Ca-reicheren ein offenbar größeres Krystallisationsvermögen besitzen, wie aus den angeführten Versuchen hervorgeht.

Daher ist es schon aus diesem Grunde recht unsicher, die eutektische Lehre mit allen ihren Konsequenzen auf die betreffenden Silikatmineralien anzuwenden, ganz abgesehen von der oft verschiedenen Krystallisationsgeschwindigkeit, der Unterkühlung, der starken Lösungskonzentration und den anderen schon früher erwähnten Faktoren, welche die Ursache sind, daß Theorie und Erfahrung nicht immer übereinstimmen.

Die Ausscheidungsfolge ohne Rücksicht auf die einzelnen Versuchsreihen war: Magnetit, gemeiner Augit, Ägirin, Labrador, Diopsid und Nephelin, endlich reiner Natronaugit (Akmit). Vergleichen wir diese Aufeinanderfolge mit der Rosenbusch'schen Regel,[1] so bemerken wir keine nennenswerte Abweichung von derselben, vielmehr steht dieselbe im Einklang mit dem Krystallisationsvermögen jener Mineralien, eine Tatsache, auf welche schon C. Doelter in dem dritten Teile seiner »Silikatschmelzen« hingedeutet hat. Auch die Versuche unter dem Krystallisationsmikroskop zeigten, daß die Ausscheidungsfolge eine konstante und niemals abhängig war von dem Mengenverhältnis der beiden Komponenten.

[1] C. Doelter, Petrogenesis, p. 132.

In vielen Versuchen erfolgte eine Trennung der femischen von den salischen Bestandteilen; die ersteren sanken infolge ihrer spezifischen Schwere zu Boden; doch sehen wir in der ersten Reihe das Magneteisen auch häufig über den ganzen Schliff ausgebreitet. Dies ist möglich, wenn man bedenkt, daß infolge von Übersättigung sekundär, d. i. nach dem Augit, ausgeschiedenes Magneteisen nicht mehr sinken kann, weil die Schmelze bereits zu zäh ist. Merkwürdig ist, daß gerade dort, wo, nach dem niedrigen Schmelzpunkt zu schließen, eher eine Eutektstruktur zu erwarten wäre, Differentiation eintritt, eine eigentliche eutektische Ausbildung aber niemals erhalten wurde.

Was die äußere Form und die Struktur natürlicher und künstlicher Mineralgemenge und der in diesen enthaltenen Krystalle betrifft, so ist vor allem wichtig festzustellen, daß dieselbe in beiden Reihen im wesentlichen die gleiche ist. So entsteht auch der künstliche Labrador und Diopsid immer in Nadeln und Leisten, der Nephelin dagegen mehr skelettartig und nur selten in kleineren Tafeln und Prismen. Die künstlichen Diopside sind jedoch in größeren Individuen zur Abscheidung gekommen, was seinen Grund darin haben mag, daß der Fe-Gehalt der in der Natur vorkommenden Pyroxene die Löslichkeit derselben erhöht, die am wenigsten lösliche Verbindung sich aber zuerst ausscheiden wird. Der Schmelzpunkt des Fe-freien Diopsids liegt ja zirka 100° höher als der des Fe-haltigen.[1] Auch R. Freis kam zu ähnlichen Resultaten, indem in seinen Versuchen die künstlichen Diopside ein bedeutendes Krystallisationsvermögen zeigten.

Bezüglich der Korrosionserscheinungen ist es auffallend, daß dieselben in den natürlichen Mineralgemengen stärker hervortreten als in den künstlichen Schmelzen. Die Korrosion wird durch zwei Faktoren verursacht: einmal durch die bei der Krystallisation freiwerdende Wärmemenge, das andere Mal durch die lösenden Eigenschaften des später erstarrenden Glases. Dieses Glas kann nun infolge andrer chemischer Zusammensetzung und durch seinen Fe-Gehalt länger

[1] C. Doelter, Über die Schmelzpunkte der Silikate (1906).

im flüssigen Zustand verharren und aus diesem Grunde auch länger auf die in ihm eingebetteten Krystalle einwirken, als dies bei künstlich hergestellten Schmelzen der Fall ist, da in diesen die Temperatur rascher sinkt, wie die Abkühlungskurven lehren. In sehr glasreichen Schmelzen ist die Korrosion natürlich am weitesten vorgeschritten.

Was die Schmelz- und Erstarrungskurven betrifft, so liegen die Schmelzpunkte der krystallinen Gemenge und Gläser bei den künstlichen Schmelzen höher als bei den natürlichen Mineralgemengen. Die Schmelzpunkte der krystallinen Gemenge liegen in allen Versuchsreihen auf einer mehr oder weniger geraden Linie, während die der Gläser eine bedeutende Erniedrigung unter die Schmelzpunkte der Komponenten zeigen.

In der Reihe Labrador-Diopsid erfolgte Krystallbildung bei einer Temperatur von 1120 bis 1190°, in der Reihe Labrador-Nephelin von 1120 bis 1200°.

Während in der ersten Reihe bei den künstlichen Schmelzen vollständige Erstarrung bei zirka 1040° eintrat, blieben die natürlichen Gemenge noch bis ungefähr 1000° weich. Oberhalb 1125° konnte bei letzteren noch keine Ausscheidung bemerkt werden; bei den künstlichen trat sie jedoch schon bei 1150° ein. In der Reihe Labrador-Nephelin war der tiefste Punkt vollständiger Erstarrung bei den chemischen Mischungen 1050°, bei den natürlichen 950°; der oberste Punkt für die Ausscheidung bei den ersteren 1140°, bei den natürlichen 1110°.

Wir sehen also, daß in den künstlichen Schmelzen die Ausscheidung relativ früher beginnt, die größere Viskosität aber die Krystallbildung wieder stark behindert. Wir können ferner beobachten, daß die Krystallausscheidung bei beiden Reihen der chemischen Mischungen früher begann, als die im elektrischen Vertikalofen bestimmten Punkte angeben, was insoferne natürlich erscheint, als die ersten Krystalle sich schon bilden, solange das Magma noch flüssig ist.

Vergleichen wir nun noch die Zeittemperaturkurven der natürlichen und künstlichen Mischungsreihen, so können wir trotz der vielen Faktoren, welche die Anwendung der Theorie auf Silikate einschränken, immerhin so viel aus den-

selben entnehmen, daß, abgesehen davon, daß die Kurven bei den natürlichen Gemengen etwas weniger steil verlaufen, zu beachten ist, daß bei den chemischen Mischungen sowohl als bei den natürlichen Gemengen Knickpunkte zwar auftreten, welche jedoch in den meisten Fällen zur Bestimmung des Ausscheidungspunktes nicht verwendet werden konnten. Vergleicht man nämlich den unter dem Krystallisationsmikroskop sichtbaren Beginn der Ausscheidung mit den im elektrischen Ofen ermittelten, so fällt derselbe keineswegs immer mit einem Knickpunkte der Kurve zusammen, wenn auch insoferne ein gewisser Zusammenhang existiert, als der Schmelzpunkt und die charakteristischen Erstarrungspunkte in einem Intervall von 100 bis 150° liegen, in welchem besonders die Unterkühlung wirkte.

Ob bei den Silikaten auch jene Teile der Theorie Anwendung finden werden, wonach das eutektische Gemisch durch ein im Verhältnis zu den übrigen Mischungen mehr oder weniger horizontales Kurvenstück charakterisiert sein soll, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Weitere Versuche müssen erst angestellt werden, um diese überaus komplizierten Verhältnisse zu klären.

Den Herren Prof. Dr. C. Doelter und Dr. J. A. Ippen möchte ich auch auf diesem Wege meinen herzlichsten Dank für ihre Hilfe und Anleitung bei der Ausführung dieser Arbeit aussprechen.

Tafelerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Ägirinsphärolithen.
» 2. Differentiationserscheinung in einer Labrador-Diopsidschmelze. Die kleinen Nädelchen am Rande sind Labrador.
» 3. Labradorkrystalle.
» 4. Augitskelette.
» 5. Künstliche Diopsidnadeln.

Tafel II.

Fig. 6. Labradorskelette.
» 7. Wachstumsformen von künstlichem Nephelin.
» 8. Korrodierte Labradornadeln.
» 9. Schlierenbildung in einer fluidal struierten Ägirin-Nephelinschmelze.
» 10. Absonderung in eine Fe-reiche dunkle Glas- und eine Fe-freie krystallinische Partie von langen Labradornadeln.

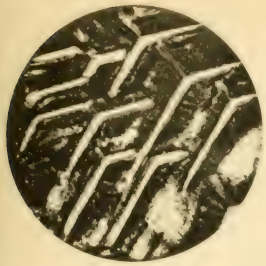


Fig. 6

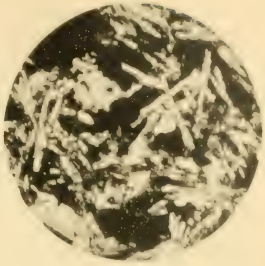


Fig. 8

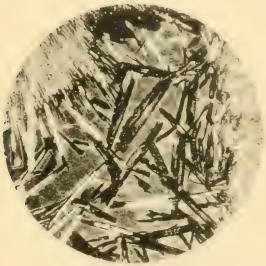


Fig. 10

Fig. 7

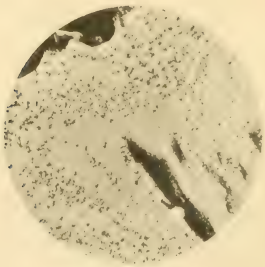


Fig. 9

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

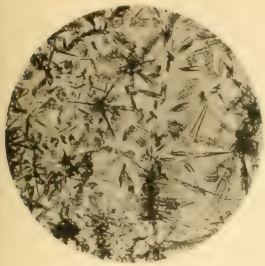


Fig. 1

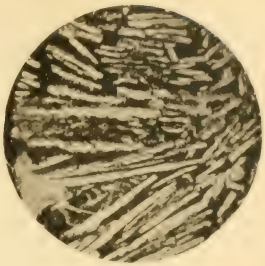


Fig. 3

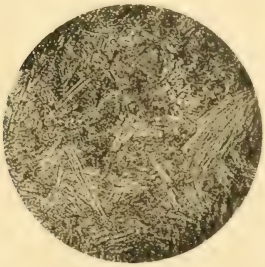


Fig. 5

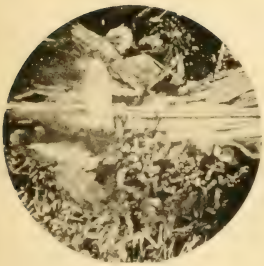


Fig. 2

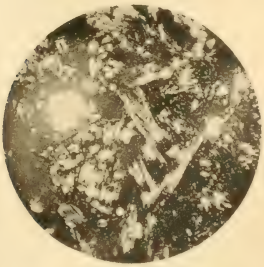


Fig. 4

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Über die Verbreitung der Lichtsinnesorgane der Laubblätter

von

G. Haberlandt,

w. M. k. Akad.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1908.)

Das Wesentliche meiner Auffassung der oberseitigen Laubblattepidermis als Lichtsinnesepithel besteht bekanntlich in der Annahme, daß durch geeignete Einrichtungen auf den Innenwänden der Epidermiszellen, die von den lichtempfindlichen Plasmahäuten bedeckt sind, bei senkrechter Beleuchtung eine zentrische, bei schräger eine exzentrische Intensitätsverteilung des Lichtes erzielt wird, wodurch das Blatt ein Mittel zur Verfügung hat, sich über die Richtung des einfallenden Lichtes genau zu orientieren.

Ich habe hiernach zwei Haupttypen der Laubblattepidermis unterschieden. Beim Typus der glatten Epidermis sind die Außenwände mehr minder eben, die Innenwände aber gegen das Assimilationsgewebe zu vorgewölbt. Beim Typus der papillösen Epidermis dagegen sind die Außenwände vorgewölbt, die Innenwände eben. Durch die Vorwölbung der Außenwände werden die Epidermiszellen zu Sammellinsen, die sehr große Lichtintensitätsunterschiede auf den Innenwänden herstellen. Sehr häufig sind beide Typen miteinander kombiniert, was für die Perzeption der Lichtrichtung nur von Vorteil ist.

Bereits in meiner Hauptarbeit habe ich auf die große Verbreitung der papillösen Laubblattepidermis, die den vollkommeneren Typus darstellt, hingewiesen und die verschiedenen

Variationen in der Konstruktion epidermaler Sammellinsen eingehend besprochen. Sodann hat Sperlich[1] in einer sorgfältigen Arbeit bei sämtlichen untersuchten Blättern tropischer Gelenkpflanzen,[2] soweit die Spreiten als euphotometrisch angesehen werden konnten, auf der Oberseite derselben Einrichtungen beobachtet, durch welche bestimmte, mit der Lichtrichtung sich ändernde Beleuchtungsverhältnisse erzielt werden. Diese Einrichtungen gehören den von mir beschriebenen beiden Typen der Laubblattepidermis an. Besonders die Blätter von Kletterpflanzen sind fast ausnahmslos mit wirksamen Strahlensammlern versehen (Dioscoraceen, Menispermaceen, *Faradaya, Paramignya*).

Bald danach hat Seefried[3] seine Beobachtungen über die Verbreitung der Lichtsinnesorgane der Laubblätter bei einheimischen Schattenpflanzen, respektive Schattenformen veröffentlicht. Bei allen 60 untersuchten Arten konnten die von mir beschriebenen optischen Einrichtungen zur Lichtperzeption nachgewiesen werden. Bei 8 Arten sind die Epidermiszellen nach dem I., bei 2 nach dem II. Typus gebaut; bei 33 sind beide Typen kombiniert (III. Typus nach Seefried). Die übrigen Arten weisen an den Außenwänden der Epidermiszellen spezielle Einrichtungen zur Lichtkonzentration auf.

Diesen Angaben gegenüber muß es einigermaßen überraschen, wenn G. Albrecht[4] in seiner vor kurzem erschienenen Inauguraldissertation behauptet, daß, von einigen Ausnahmen abgesehen, bei den von ihm untersuchten Blättern besondere Einrichtungen zur Perzeption der Lichtrichtung nicht zu beobachten waren, obgleich sich unter denselben solche von ausgesprochenen Schattenpflanzen befanden und auch sonst

---

[1] Ad. Sperlich, Die optischen Verhältnisse in der oberseitigen Blattepidermis tropischer Gelenkpflanzen. Diese Sitzungsberichte, 116. Bd. (1907).

[2] Dieselben wurden von Prof. Heinricher auf Java gesammelt.

[3] F. Seefried, Über die Lichtsinnesorgane der Laubblätter einheimischer Schattenpflanzen. Diese Sitzungsberichte, 116. Bd. (1907).

[4] Georg Albrecht, Über die Perzeption der Lichtrichtung in den Laubblättern. Inauguraldissertation der Universität Berlin, 1908. Vgl. auch die gleichbetitelte vorläufige Mitteilung Albrecht's in den Berichten der deut. botan. Ges. 1908, p. 182 ff.

immer nur Schattenblätter mit ausgeprägter fixer Lichtlage zur Untersuchung kamen.[1] Weder beim Linsenversuch noch bei der Untersuchung von Flächen- und Querschnitten ließen sich vorgewölbte Außenwände oder andere auf Lichtkonzentration abzielende Einrichtungen nachweisen. Die von Albrecht mitgeteilte Liste umfaßt 31 Arten (aus 25 Gattungen); Details werden nicht mitgeteilt.

Ich habe nun die Blätter dieser Pflanzenarten einer Nachuntersuchung unterworfen, die folgende Ergebnisse geliefert hat.[2]

Von den 6 **Ribes**-Arten, die Albrecht anführt, wurden 3 untersucht. Bei *Ribes nigrum* gelingt der Linsenversuch mit der oberseitigen Blattepidermis sehr gut. Querschnitte durch das lebende Blatt lassen die ausgesprochene Vorwölbung der Außenwände erkennen. An Alkoholmaterial sind alle Epidermiszellen ziemlich stark vorgewölbt. Ebenso verhalten sich *R. rubrum* (Fig. 4) und *sanguineum*.

Robinia pseudoacacia. Zunächst wäre von Albrecht festzustellen gewesen, ob nicht die Gelenkpolster der Fiederblättchen in bezug auf die Perzeption der Lichtrichtung in ebenso hohem Grade autonom sind, wie die von *Phaseolus*.[3] Der Bau der oberseitigen Blättchenepidermis ermöglicht übrigens die Beeinflussung der Gelenkpolster seitens der Fiederblättchen; die Außenwände der sehr kleinen Epidermiszellen sind schön vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt vortrefflich.

Fagus silvatica. Die wellig konturierten Epidermiszellen enthalten reichlich Gerbstoff, wodurch das Lichtbrechungsvermögen des Zellinhaltes erhöht wird. Auf Querschnitten durch das lebende Blatt sind die Außenwände eben oder mäßig vorgewölbt. An Alkoholmaterial ist die Vorwölbung allgemein und stark ausgeprägt. Oft sind die Außenwände in ihrer Mitte schön papillös; an gegenüberliegender Stelle ist dann auch

[1] L. c., p. 14, resp. 183.

[2] Ich führe die einzelnen Arten in derselben Reihenfolge an, wie Albrecht, l. c., p. 15.

[3] Vgl. G. Haberlandt, Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter, Leipzig 1905, p. 23.

die Innenwand stark vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt sehr gut.

Rhamnus frangula. Zwischen den verschleimten Epidermiszellen befinden sich zahlreiche unverschleimte. In der Nähe der Mittelrippe besitzen diese schwach bis mäßig vorgewölbte Außen- und Innenwände. Sonst sind die Außenwände nur sehr schwach vorgewölbt oder eben, dafür wölben sich aber die Innenwände stark gegen das Assimilationsgewebe vor.

Sorbus torminalis. Die Außenwände der Epidermis sind fast vollkommen eben und mit nur wenigen, aber sehr kräftigen Cuticularleisten versehen. Die große Mehrzahl der Zellen besitzt verschleimte Innenwände (Fig. 3). Die Oberseite des Schleimpolsters ist meist eben. Zuweilen ist die Schleimmasse becherförmig, so daß in solchen Zellen die Lichtperzeption eben so gut erfolgen kann, wie in den ziemlich zahlreichen Epidermiszellen, deren Innenwände nicht verschleimt und stark gegen das Palisadengewebe vorgewölbt sind.

Sambucus nigra. Die mäßig gewellten Epidermiszellen besitzen auf Schnitten durch das frische Blatt nahezu ebene Außenwände; nur bei einzelnen Zellen, die intakt sind und turgeszieren, sind die Außenwände ansehnlich vorgewölbt. An Alkoholmaterial sind alle Epidermiszellen bikonvex, Außen- und Innenwände schön vergewölbt. Der Linsenversuch gelingt sehr gut.

Ulmus montana. Neben den gewöhnlichen Epidermiszellen kommen auch tief in das Assimilationsgewebe einspringende Schleimzellen vor. Die Außenwände der ersteren sind nur schwach vorgewölbt oder fast eben; dafür ist die Vorwölbung der Innenwände eine sehr ausgesprochene.

Quercus pedunculata. Eine Anzahl von Epidermiszellen ist verschleimt. Die Mehrzahl dagegen ist unverschleimt und besitzt schwach bis mäßig vorgewölbte Außenwände. Auffallender ist die Vorwölbung der Innenwände. Der Linsenversuch gelingt in befriedigender Weise.

Tilia intermedia stand mir nicht zur Verfügung. Bei *T. grandiflora* kommen nach meinen früheren Beobachtungen[1]

[1] Lichtsinnesorgane, p. 96, 97.

verschleimte und nicht verschleimte Epidermiszellen vor. Letztere sind bikonvex, indem auch die Außenwände vorgewölbt sind.

Betula alba besitzt auf der Blattoberseite nur verschleimte Epidermiszellen, was Albrecht ebenso entgangen zu sein scheint, wie der Umstand, daß ich die Art der Lichtperzeption bei Blättern, deren oberseitige Epidermen mit schleimig verdickten Innenwänden versehen sind, bereits früher[1] ausführlich erörtert habe. Ergänzend möchte ich hier noch hinzufügen, daß in ziemlich zahlreichen Epidermiszellen die Schleimpolster auf der oberen Seite nicht konvex sondern konkav sind, so daß die Lichtperzeption nach dem I. Typus ganz gut erfolgen kann.

Circaea lutetiana. Epidermiszellen groß, Seitenwände mäßig gewellt, Außen- und Innenwände schön vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt ausgezeichnet.

Impatiens parviflora ist bereits von Seefried (l. c., p. 14) untersucht worden, was Albrecht entgangen ist.[2] Die Epidermiszellen sind stark gewellt, die Außenwände vorgewölbt, so daß der Linsenversuch sehr gut gelingt. An manchen Zellen treten mehrere »Kuppen« auf, denen gegenüber die Innenwände stärker gegen die Palisadenschicht vorgewölbt sind. Beim Linsenversuch entsteht dann über jedem größeren Ast der sternförmigen Epidermiszelle ein Zerstreuungskreis.

Epimedium alpinum. Epidermiszellen klein, gewellt. Auf Querschnitten durch das frische Blatt sind die Außenwände auffallend eben, desgleichen die Innenwände. Untersucht man Alkoholmaterial, so sind die Zellwände mehr minder vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt befriedigend. Bei hoher Einstellung erscheinen die Bildchen des Fensterkreuzes; die Linsenwirkung der Epidermiszellen ist sonach zweifellos.

Chelidonium majus. Die Epidermiszellen sind stark gewellt. Auf Querschnitten durch das frische Blatt sind die meisten Zellen sehr niedrig, die Außen- und Innenwände fast eben. Dazwischen sieht man einzelne bikonvexe, oft auffallend stark vorgewölbte Epidermiszellen (Fig. 5). Man denkt zunächst

[1] Lichtsinnesorgane, p. 95 ff.

[2] Albrecht hat offenbar weder die Arbeit von Seefried noch jene von Sperlich gekannt.

an »Ocellen«. Untersucht man aber Alkoholmaterial, dann sind alle Zellen mit ziemlich stark vorgewölbten Außenwänden versehen; die Innenwände sind eben oder gleichfalls vorgewölbt. — Wenn man die Epidermis abzieht, was leicht gelingt, so fällt der Linsenversuch negativ oder sehr mangelhaft aus. Nur einzelne Zellen zeigen das helle Mittelfeld und die dunkle Randzone. Wenn aber die Epidermis nicht abgezogen, sondern durch einen scharfen Schnitt abgetragen wird, die einzelnen Zellen also nicht verzerrt werden, so gelingt der Linsenversuch vortrefflich. Bei entsprechend hoher Einstellung erscheinen die Bildchen des Fensterkreuzes.

Phyteuma spicatum. Epidermiszellen bikonvex; Außenwände entweder stark sphärisch vorgewölbt oder in der Mitte mit kleinen Papillen versehen (Fig. 7). Diese weisen am Scheitel gewundene, an den Seiten radial verlaufende Cuticularleisten auf. Die Linsenfunktion der Papillen wird dadurch nicht nennenswert beeinträchtigt. Beim Linsenversuch sieht man auf den Innenwänden die scharf umschriebenen hellen kleinen Mittelfelder (d. h. die Bildchen der Blendenöffnung) umgeben von der breiten dunklen Randzone. Die Epidermis ist sonach zur Perzeption der Lichtrichtung besonders gut geeignet.

Stachys silvatica ist bereits von Seefried (l. c., p. 26) untersucht worden. Die Epidermiszellen sind bikonvex oder sie besitzen in der Mitte der Außenwand noch eine flache Papille (»Kuppe«), die stark lichtkonzentrierend wirkt. Der Linsenversuch gelingt dementsprechend sehr gut.

Stachys palustris. Zu beiden Seiten der Mittelrippe befinden sich zwei 10 bis 12 Zellen breite Längsstreifen, in denen die Epidermiszellen groß, relativ hoch und mit stark vorgewölbten Außenwänden versehen sind; auch die Innenwände sind vorgewölbt (Fig. 8). Die übrigen Epidermiszellen erscheinen weniger hoch und besitzen mäßig vorgewölbte Außen- und Innenwände (Fig. 9). Der Linsenversuch gelingt mit allen Epidermiszellen vortrefflich, besonders schön natürlich mit den Zellen zu beiden Seiten der Mittelrippe.

Crataegus coccinea. Die Epidermisaußenwände sind eben oder nur ganz schwach vorgewölbt und mit sehr dichten, geschlängelten Cuticularleisten versehen (Fig. 6). Der Linsen-

versuch gelingt sonach nicht oder nur mangelhaft. Dagegen sind die Innenwände in sehr gleichmäßiger Weise und ziemlich stark vorgewölbt: I. Typus.

Cornus sanguinea. Die Außen- und Innenwände der Epidermiszellen sind mäßig vorgewölbt und meist mit zahlreichen, dichten Cuticularleisten versehen, die sich häufig über die Zellgrenzen hinwegziehen. Wie bei *Acer pseudoplatanus*[1] kommen zwischen diesen gewöhnlichen Epidermiszellen inselförmige Zellgruppen aus 5 bis 20 Zellen bestehend vor, die vollkommen glatte Außenwände besitzen (Fig. 2). Der Linsenversuch gelingt mit diesen Zellgruppen ungleich besser, als mit den gewöhnlichen, Cuticularleisten besitzenden Epidermiszellen.

Viburnum lantana. Die Außenwände der Epidermiszellen sind mäßig oder stark vorgewölbt. In letzterem Falle sind auch die Innenwände stärker ausgebaucht. Der Linsenversuch gelingt trotz der starken Fältelungen der Cuticula sehr gut. Einzelne Gruppen von Epidermiszellen, die hauptsächlich über Gefäßbündelenden oder Knoten des Bündelnetzes liegen, besitzen eine ganz oder nahezu glatte Cuticula.

Spiraea opulifolia. Epidermiszellen wellig konturiert. Außen- und Innenwände mehr minder vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt ganz gut.

Malva neglecta. Epidermiszellen gewellt, relativ hoch, Außen- und Innenwände auf Schnitten durch das frische Blatt unregelmäßig vorgewölbt, erstere oft eben. Bei Verwendung von Alkoholmaterial sind die Außen- und Innenwände aller Zellen gleichmäßig vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt sehr gut.

Aconitum Napellus. Epidermiszellen groß, hoch, schwach gewellt. Außenwände mehr minder vorgewölbt, desgleichen die Innenwände; die Vorwölbung der letzteren ist oft sehr stark (Fig. 1). Der Linsenversuch gelingt sehr gut.

Ranunculus aconitifolius. Die Außenwände der Epidermiszellen sind mäßig, die Innenwände mäßig bis stark vorgewölbt. Der Linsenversuch gelingt trotz des körnigen Wachsüberzuges befriedigend.

---

[1] Vgl. G. Haberlandt, Lichtsinnesorgane, p. 105.

Convolvulus sepium. (*Calystegia sepium* R. Br.) Die Blätter dieser Pflanze sind bereits von Seefried (l. c., p. 23) untersucht worden. Die mit starken Cuticularleisten versehenen Außenwände sind nicht bedeutend vorgewölbt, so daß beim Linsenversuch die dunkle Randzone ziemlich schmal erscheint. »Im großen und ganzen entspricht der Bau der Zellen dem III. Typus« (d. h. auch die Innenwände sind vorgewölbt).

Potentilla silvestris. Die große Mehrzahl der Epidermiszellen besitzt verschleimte Innenwände, die stark in das Palisadengewebe einspringen. Eine Anzahl von Epidermiszellen ist unverschleimt, ihre Innenwände sind stark vorgewölbt. Da die Außenwände eben sind, gehören die Zellen dem I. Typus an.

Von den 28 untersuchten Arten sind demnach alle mit den von mir beschriebenen Einrichtungen zur Perzeption der Lichtrichtung versehen; bei 22 Arten sind die Außenwände mehr oder minder vorgewölbt, die Zellen fungieren als Sammellinsen; meist sind auch die Innenwände vorgewölbt. Bei 6 Arten sind die Außenwände eben, dafür wölben sich aber die Innenwände meist sehr ansehnlich gegen das Assimilationsgewebe vor. Es ist also vollkommen unrichtig und beruht auf mangelhafter Beobachtung, wenn Albrecht auf Grund der mikroskopischen Untersuchung der angeführten Pflanzenarten behauptet, »daß unsere einheimischen Pflanzen sich mit der gewöhnlichen Form, welche Haberlandt als unvollkommenste und zur Lichtperzeption schlecht geeignete bezeichnet, begnügen« (l. c., p. 17). Oder wenn er an anderer Stelle (p. 42) sagt, »daß die Mehrzahl unserer Waldbäume und Schattenpflanzen nicht gewölbte Außen- und Innenwände besitzen und doch eine ausgeprägte Lichtlage einzunehmen imstande sind«. Albrecht hat sich bei einer Anzahl der von ihm untersuchten Arten offenbar durch den Umstand täuschen lassen, daß auf Querschnitten durch das frische Blatt die elastisch gedehnten Außenwände der angeschnittenen Epidermiszellen kontrahiert und eben sind und nur im turgeszenten Zustand oder nach Fixierung mit Alkohol die Vorwölbung erkennen lassen. Bei genauer Ausführung des Linsenversuches hätte übrigens Albrecht auf diesen Umstand aufmerksam werden müssen.

Auch durch zu flüchtiges Studium meiner Hauptarbeit über die Lichtsinnesorgane der Laubblätter ist Albrecht irregeführt worden. Auf p. 10 seiner Dissertation behauptet er, daß ich vier Typen oder Stufen der Vollkommenheit im Bau der Epidermis unterscheide. »Die erste und am wenigsten leistungsfähige ist die mit nach außen ebenen, nach dem Palisadengewebe hin aber vorgewölbten Epidermiszellen. Die zweite besitzt Epidermiszellen, deren Außenwand stark vorgewölbt ist. Es ist dies die papillöse Epidermis der sogenannten »Sammetblätter«. Das ist ganz unrichtig. An keiner Stelle meines Werkes sage ich, daß die Epidermisaußenwände stark vorgewölbt sein müssen, wie bei den »Sammetblättern«, damit die Zellen als Sammellinsen fungieren können. Ausdrücklich wird vielmehr die Epidermis der Sammetblätter mit ihren steil kegelförmigen Papillen der gewöhnlichen papillösen Epidermis mit annähernd sphärisch vorgewölbten Außenwänden als besonderer Typus zur Seite gestellt (l. c., p. 60). Albrecht übersieht ganz, daß die Bezeichnung »papillös« von mir in viel weiterem Sinne aufgefaßt wird, als von Solereder[1], der nur dann von papillöser Epidermis spricht, wenn es sich um stark vorragende Papillen handelt. »Epidermiszellen mit stark nach außen vorgewölbten Außenwänden« bezeichnet Solereder nur als »subpapillös«. Indem sich nun Albrecht an die Solereder'sche Definition der papillösen Epidermis statt an die meine hält, kommt er zu Aussprüchen, die mit meinen Angaben natürlich im Widerspruche stehen. So z. B. auf p. 12, wo er sagt: »Auch Blätter des zweiten Typus, also mit papillöser Epidermis, habe ich wenig gefunden.« Hätte Albrecht meine Auseinandersetzungen auf p. 46 bis 65 meiner Arbeit nur halbwegs genau gelesen, so wäre ein solch sonderbares Mißverständnis leicht vermieden worden.

Mit diesem Mißverständnis hängt es auch zusammen, daß Albrecht gegen meine Auffassung u. a. die Beobachtung Fellerer's[2] anführt, wonach von 282 *Begonia*-Arten, die er

[1] Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen, Stuttgart 1899, p. 906.

[2] Beiträge zur Anatomie und Systematik der Begoniaceen, Inaug.-Dissert., München 1892.

untersucht hat, nur ungefähr der achte Teil auf der Blattoberseite eine papillöse Epidermis besitzt. Fellerer hat eben als Schüler Radlkofer's und Solereder's die papillöse Epidermis im Sinne des letzteren aufgefaßt. Die Anzahl der *Begonia*-Arten mit vorgewölbten Epidermisaußenwänden ist aber zweifellos eine weit größere, als Fellerer angibt. Ob es überhaupt Begonien mit vollkommen ebenen Epidermisaußenwänden gibt, möchte ich bezweifeln. Albrecht führt als solche *Begonia vulcan, B. metallica* und *B. crederi* an. Ich habe nur *Begonia metallica* nachuntersucht und dabei folgendes gefunden.

Auf dünnen Querschnitten durch das frische Blatt besitzt die obere Epidermis anscheinend ebene oder nur ganz schwach vorgewölbte Außenwände. Untersucht man etwas dickere Schnitte und stellt man nicht auf die obersten, angeschnittenen Zellen, sondern etwas tiefer auf zweifellos intakte Zellen ein, so sieht man, daß die Außenwände zwar nicht stark, doch immerhin ganz deutlich vorgewölbt sind. Sehr schön läßt sich auch die papillöse Beschaffenheit der Epidermis mit Hilfe des binokularen Mikroskopes von Zeiss (Objektivpaar a_3, Okulare 4, Vergr. 64) bei schräg auffallendem Licht beobachten.

Diesem Befunde entspricht auch der Linsenversuch, der ganz gut gelingt. Bei genügend hoher Einstellung erscheint über jeder Epidermiszelle das Bildchen des Fensterkreuzes. Nach Entfernung der Zylinderblende sieht man bei schiefer Beleuchtung am einen Rand der Zelle einen breiten dunklen Saum, auf der anderen Seite das bis zur Zellgrenze herangerückte helle Mittelfeld.

Unter der oberen Epidermis befindet sich ein einschichtiges großzelliges Wassergewebe, dessen radiale Wände längs der Zellkanten kollenchymatisch verdickt sind. Die Innenwände der Wassergewebszellen sind gegen das Assimilationsgewebe mehr minder vorgewölbt, so daß auch hier die Lichtrichtung perzipiert werden kann. —

Bei *Acer pseudoplatanus* und *A. tataricum* habe ich seinerzeit[1] auf der Blattoberseite inselförmige Gruppen von Epidermiszellen gefunden, deren Außenwände anscheinend

[1] Die Lichtsinnesorgane der Laubblätter, p. 105, 106.

nicht stärker vorgewölbt sind als sonst, die sich aber vor den gewöhnlichen Epidermiszellen mit ihren starken Cuticularleisten durch vollkommen glatte Außenwände auszeichnen. Der Linsenversuch gelingt mit diesen Zellgruppen um vieles besser als mit den gewöhnlichen Epidermiszellen; ich habe sie deshalb als Ocellen bezeichnet.

Bei *Acer platanoides* sind die gewöhnlichen Epidermiszellen verschleimt, ihre Außenwände mit starken Cuticularleisten versehen. Die über den Gefäßbündeln gelegenen Epidermiszellen sind nicht verschleimt, ihre Außenwände sind vorgewölbt und besitzen Cuticularleisten. Über zahlreichen Knotenpunkten des Gefäßbündelnetzes fehlen die Cuticularleisten, dementsprechend gelingt hier der Linsenversuch besonders gut.

Albrecht (l. c., p. 43) hat die vorstehend beschriebenen Differenzierungen bei keiner der von ihm untersuchten *Acer*-Arten beobachten können. Ich habe deshalb heuer eine Nachuntersuchung vorgenommen, die folgendes ergeben hat.

Bei *Acer tataricum*, das Albrecht nicht untersucht hat, habe ich die meist aus 5 bis 10 Zellen bestehenden Ocellen in sehr schöner Ausbildung und großer Anzahl wiedergefunden. Die Außenwände ihrer Zellen sind vollkommen glatt, der Linsenversuch gelingt ausgezeichnet und läßt die Ocellen besonders deutlich hervortreten.

Bei *Acer pseudoplatanus* sind die glattwandigen Epidermiszellgruppen gleichfalls vorhanden, doch treten sie etwas seltener auf als gelegentlich meiner ersten Untersuchung und bestehen meist nur aus 2 bis 3 Zellen; oft sind diese Ocellen nur einzellig. Da ich dieselben Bäume des botanischen Gartens untersucht habe, wie vor vier Jahren, so hat es den Anschein, als ob äußere Umstände den Grad der Ausbildung der ocellenartigen Zellgruppen beeinflussen würden. Vielleicht hat das abnorm heiße und trockene Wetter im Mai und Juni l. J. die Ausbildung von Cuticularleisten besonders begünstigt. Ich neige um so mehr zu dieser Ansicht, weil heuer auch bei *Acer platanoides* die über den Knotenpunkten des Gefäßbündelnetzes befindlichen Epidermiszellen, die seinerzeit glatt waren, mit Cuticularleisten versehen sind.

Übrigens ist zu bemerken, daß an jungen, noch nicht ausgewachsenen Blättern von *Acer platanoides* die oberseitige Epidermis noch nicht verschleimt ist, mäßig vorgewölbte Außenwände mit noch ganz zarten Cuticularleisten besitzt, einen stark lichtbrechenden Zellinhalt aufweist und beim Linsenversuch sich als vollkommen geeignet erweist, die Perzeption der Lichtrichtung zu übernehmen. Bei *Acer pseudoplatanus* sind übrigens auch die gewöhnlichen Epidermiszellen des ausgewachsenen Blattes dank ihrer Vorwölbung und trotz der Cuticularleisten geeignet, als Sammellinsen zu fungieren.

Daß der bei verschiedenen *Acer*-Arten — am schönsten bei *Acer tataricum* — ausgeprägte Typus von lokalisierten Lichtsinnesorganen auch bei anderen Pflanzen vorkommt, lehrt das Laubblatt von *Viburnum lantana* und *Cornus sanguinea*. (Siehe oben, p. 627.) Auch bei *Cornus Amomum* Mill. habe ich ihn beobachtet. Bei dieser Art sind auch die Außenwände der kleinen, rosettenförmig um die Fußstücke der frühzeitig absterbenden Haare gelegenen »Nebenzellen« frei von Cuticularleisten und stärker vorgewölbt, so daß beim Linsenversuch die Bildchen der Blendenöffnung und des Fensterkreuzes besonders auffallen.

Soweit ich die Sachlage überblicke, darf ich demnach behaupten, daß bis jetzt kein Fall bekannt geworden ist, in dem einem transversal-heliotropischen Laubblatte die von mir, Sperlich, Seefried und neuestens von Gaulhofer[1] beschriebenen Einrichtungen zur Perzeption der Lichtrichtung vollkommen fehlen würden. Mindestens eine von diesen Einrichtungen ist stets vorhanden.[2]

[1] K. Gaulhofer, Die Perzeption der Lichtrichtung im Laubblatte mit Hilfe der Randtüpfel, Randspalten und der windschiefen Radialwände. Diese Sitzungsberichte, 117. Bd., 1908.

[2] Albrecht hat aus Solereder's »Systematischer Anatomie der Dikotylen« eine Menge von Angaben zusammengetragen, die sich auf das Vorkommen von Papillen etc. auf den Blattunterseiten, in Blattrillen, auf Stengeln, bei aphotometrischen Blättern und chlorophyllosen Wurzelparasiten beziehen. Da die Papillen etc. in diesen Fällen sicher nicht der Lichtperzeption dienen,

Damit soll selbstverständlich nicht gesagt sein, daß durch meine Arbeiten, sowie durch die der obgenannten Autoren die Mannigfaltigkeit jener optisch wirksamen Einrichtungen, die die Perzeption der Lichtrichtung im Laubblatte auf Grund von Helligkeitsunterscheiden ermöglichen, bereits erschöpfend dargestellt sei. Insbesondere gilt dies für streng lokale Einrichtungen. So hat Albrecht in seiner Dissertation (p. 45) darauf aufmerksam gemacht, daß im Blatte von *Morus alba* die Cystolithen als Sammellinsen wirken. »Man wird aber nicht annehmen wollen, daß dies Lichtsinnesorgane seien.« Ich will diesen nicht uninteressanten Fall zum Schlusse kurz besprechen.

Cystolithenzellen werden im allgemeinen zur Perzeption der Lichtrichtung aus dem Grunde wenig oder gar nicht geeignet sein, weil in der Regel die warzige Oberfläche der Cystolithen zu sehr lichtzerstreuend wirkt. Bei *Morus alba* liegen aber die Verhältnisse günstiger. (Fig. 10, 11.) Die epidermalen Cystolithenzellen der Blattoberseite sind von fast kugeliger Gestalt. Der Cystolith ist ein warzenloser, glatter zylindrischer oder ovoidischer Zapfen, stiellos oder mit einem sehr kurzen und dicken Stiele versehen. Die verkieselte Außenwand der Zelle ist genau über dem Cystolithen schön

---

so muß man, meint Albrecht, den Analogieschluß ziehen, daß sie auch auf den Blattoberseiten mit der Lichtperzeption nichts zu tun haben (l. c., p. 26). Ich will auf diese sonderbare Schlußfolgerung nicht näher eingehen, sondern nur kurz darauf hinweisen, daß ich bereits in meiner Hauptarbeit (l. c., p. 125) ausdrücklich auf das häufige Vorkommen von Epidermispapillen aufmerksam machte, die verschiedenen anderen Zwecken dienen. Wenn man deshalb ihre Bedeutung für die Lichtperzeption leugnen wollte, so könnte man mit gleichem Rechte auch behaupten, daß die Stärkekörner in den Wurzelhauben und Stärkescheiden aus dem Grunde nicht als Statolithen fungieren können, weil sie in so vielen anderen Zellen und Geweben mit der Perzeption des Schwerkraftreizes nichts zu tun haben. — Was ferner Albrecht über den Anpassungscharakter der von mir beschriebenen Struktureigentümlichkeiten sagt, beweist nur, daß er das hierauf bezügliche Kapitel in meinem Buche (l. c., p. 122, »Die anatomischen Merkmale der Lichtsinnesorgane als Anpassungen«) gar nicht oder nur sehr flüchtig gelesen hat. — Die Benetzungsversuche Albrecht's werde ich bei späterer Gelegenheit besprechen. Über den Bau der oberseitigen Epidermis von Sonnen- und Schattenblättern in bezug auf die Lichtperzeption wird Herr K. Gaulhofer sich eingehender äußern.

sphärisch vorgewölbt. Man schließt sofort, daß sich diese Cystolithen sehr gut zur Lichtkonzentration eignen müssen. In der Tat hat schon Albrecht beim Linsenversuch in den Cystolithenzellen ein »besonders schönes, helles Mittelfeld« beobachtet. Da aber der Brennpunkt des Cystolithen gewöhnlich in das Zellumen hineinfällt, so erscheint auf der Innenwand nur ein Zerstreuungskreis.

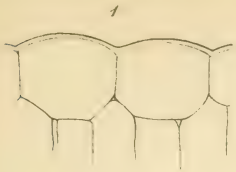
Es steht also gar nichts der Annahme entgegen, daß bei *Morus alba* die Cystolithenzellen lokale Lichtsinnesorgane seien. Ob jene Abänderungen in der Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit der Cystolithen, wodurch diese zur Lichtsammlung geeignet werden, als Anpassungen an die Lichtperzeption aufzufassen sind, muß freilich dahingestellt bleiben. Die Außenwände der gewöhnlichen Epidermiszellen sind eben, die Innenwände vorgewölbt. Das Blatt ist also behufs Perzeption der Lichtrichtung jedenfalls nicht auf die Cystolithenzellen allein angewiesen.

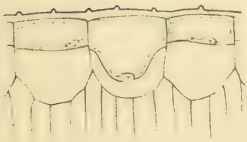
Schon in meiner Hauptarbeit[1] habe ich darauf hingewiesen, daß nicht nur die Epidermis mit ihren Anhangsgebilden, sondern auch subepidermale Zellen in den Dienst lokaler Lichtperzeption treten und zweckentsprechende Umgestaltungen erfahren können. Denn der Grundgedanke meiner Theorie der Perzeption der Lichtrichtung im Laubblatte besteht ganz allgemein darin, daß durch bestimmte Struktureigentümlichkeiten hervorgerufene Unterschiede in der Beleuchtung der lichtempfindlichen Plasmahäute als Mittel zur Perzeption der Lichtrichtung betrachtet werden. Diese Plasmahäute müssen nicht unbedingt der Epidermis angehören, wenn dies auch aus naheliegenden Gründen gewöhnlich der Fall ist. Unter gewissen Voraussetzungen könnten z. B. auch die Palisadenzellen der Lichtperzeption dienen. Bisher ist aber noch von keiner Seite auch nur der Versuch gemacht worden, meine Theorie der Lichtperzeption in ihrer speziellen Anwendung auf die oberseitige Blattepidermis durch eine andere, bessere zu ersetzen.

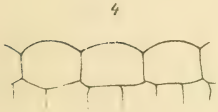
[1] Lichtsinnesorgane, p. 119.

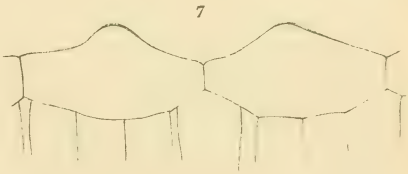
Erklärung der Abbildungen.

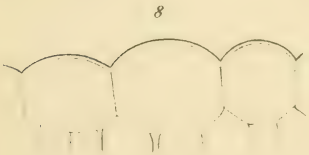
Fig. 1. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Aconitum Napellus*.
Fig. 2. Epidermiszellgruppe ohne Cuticularleisten (Ocell) auf der Blattoberseite von *Cornus sanguinea*.
Fig. 3. Epidermiszellen mit verschleimten Innenwänden auf der Blattoberseite von *Sorbus torminalis*.
Fig. 4. Obere Blattepidermis von *Ribes rubrum* (Alkoholmaterial).
Fig. 5. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Chelidonium majus* (Querschnitt durch ein frisches Blatt).
Fig. 6. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Crataegus coccinea*.
Fig. 7. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Phyteuma spicatum* mit kleinen Papillen.
Fig. 8. und 9. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Stachys palustris*.
Fig. 10. und 11. Cystolithenzellen von *Morus alba*.

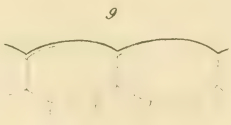


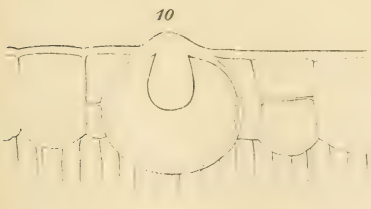


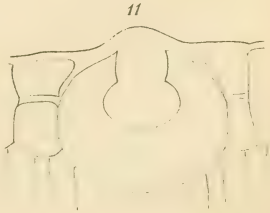












G. Haberlandt del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Japanische Plagiostomen

von

Dr. **Viktor Pietschmann,**

Assistent am k. k. Naturhistorischen Hofmuseum in Wien.

(Mit 2 Tafeln und 14 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Mai 1908.)

Einleitung.

Die folgenden Beobachtungen und Beschreibungen stützen sich hauptsächlich auf eine ziemlich umfangreiche Sammlung japanischer Fische, die Prof. Haberer während eines mehrjährigen Aufenthaltes in Ostasien gesammelt und an verschiedene Museen gesendet hatte. So erhielt nebst dem Wiener naturhistorischen Hofmuseum auch das Karlsruher Naturalienkabinett und das Berliner Museum große Sammlungen, welch letztere zwei unserem Museum zur Bestimmung übersendet wurden. —

Bei der Bestimmung und Durcharbeitung der erwähnten Sammlungen ergaben sich insbesondere bei der so überaus interessanten Gruppe der Selachier zahlreiche neue Beobachtungen, die wieder zeigten, daß dieser Teil der japanischen Fauna trotz einiger monographischer Bearbeitungen derselben, die in der letzten Zeit veröffentlicht wurden, noch keineswegs erschöpfend bearbeitet ist und daß vielfach neue Beobachtungen zur richtigen Darstellung und Klärung der einzelnen Arten notwendig und von Interesse sind.

Im folgenden wurde deshalb neben einigen vollständigen Neubeschreibungen alles das vermerkt, was im Gegensatze zu älteren Angaben bei der Vergleichung unserer Exemplare sich vorfand oder was die bisherigen Beschreibungen der betreffenden Arten zu ergänzen geeignet schien. Schließlich wurden

auch bei einigen Arten Vergleiche mit den nächstverwandten der europäischen Fauna angestellt, die zeigen, daß die betreffenden Formen der japanischen Gewässer mit den europäischen — abgesehen von unwesentlichen Punkten — vollkommen übereinstimmen und daher eine Trennung von denselben nicht gestatten.

Beschreibender Teil.

Batoidei.

1. **Myliobatis aquila** (L.).

Ein Weibchen von 450 *mm* Gesamtlänge. Die Körperverhältnisse desselben stimmen vollständig mit denen von acht Exemplaren überein, die ich von der atlantischen Küste von Marokko mitgebracht hatte (Ann. Nat. hist. Hofmus. 1906, XXI, Ichthyol. Ergebnisse einer Reise nach Island etc., p. 96), nur das Verhältnis von Mundbreite zu Körperbreite (1 : 13·28) ist etwas höher, als dort angegeben (1 : 9·75 bis 12·9), was aber mit dem Jugendzustand des uns vorliegenden Exemplares erklärbar ist und bei der aus dem Obigen ersichtlichen, ziemlich großen Variabilität dieses Verhältnisses auch nicht besonders in die Wagschale fällt; der Mund wächst eben mit zunehmendem Alter etwas mehr in die Breite. Damit hängt wohl auch der Umstand zusammen, daß die mittleren Zähne sich sehr stark nach rechts und links verbreitern, so daß das Verhältnis von Länge (von außen gegen das Mundinnere gemessen) und Breite der Mittelzähne bei verschieden alten Individuen sehr starken Schwankungen unterworfen ist. Es ist deshalb also nicht angebracht, gerade dieses Merkmal zur Artentrennung zu verwenden, wie es Bleeker tat (Verh. Bat. Gen., XXVI, 1854, Nieuwe Nalez. Japan, p. 130), der auf Grund desselben die Art *Myliobatis tobijei* von *M. aquila* trennte. Auch das Vorhandensein oder Fehlen eines hornartigen Vorsprungs über den Augen ist nicht Merkmal verschiedener Arten, sondern ein sekundärer Geschlechtsunterschied; bei unseren vier Männchen von *M. aquila* finden wir diesen Vorsprung stets sehr stark ausgeprägt, während er bei den Weibchen — auch bei dem aus Japan — vollkommen fehlt. Im übrigen Körperbau sind,

auch nach den vorhandenen Beschreibungen zu urteilen, so starke Übereinstimmungen mit *M. aquila* bei *M. tobijei* vorhanden, daß man diese angebliche Art wohl unbedingt mit der ersteren vereinigen muß. Auch *M. cornuta* (Günther, Cat. Fish. VIII, p. 490) ist, nach Günther's Beschreibung zu urteilen, nichts anderes als eben die männliche Form von *M. aquila*.

Bezüglich unseres Exemplars ist noch zu erwähnen, daß der Augendurchmesser in der Interorbitalbreite 1·87 mal, in der Schnauzenlänge (von der Schnauzenspitze zum Augenvorderrande) 1·67 mal, ferner die Mundbreite in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 2·45 mal enthalten ist.

2. **Dasyatis akajei** (M. H.).

Ein männliches Exemplar von 411 *mm* Gesamtlänge. Die Scheibenlänge[1] ist in derselben 2·6 mal, die Schwanzlänge 1·62 mal, die Körperbreite 2·11 mal enthalten, die Körperlänge 1·23 mal in der letzteren, ferner die Mundbreite 11·84 mal in der Körperbreite, 2·42 mal in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte, die Entfernung des Nasenlochvorderrandes vom Mundwinkel in der Entfernung des ersteren von der Schnauzenspitze 2·3 mal, der Augendurchmesser in der Interorbitalbreite 1·5 mal, in der Schnauzenlänge 2·79 mal. Die Farbe der Rückenseite ist (in Alkohol) in der Mitte blaugrau, an den Rändern gelblichbraun. Die übrige Färbung gleicht der von Jordan und Fowler (Elasmobranchiate Fishes of Japan in Proc. U. St. Nat. Mus., 1903, XXVI, p. 660) angegebenen.

Ob diese Art, die von Günther (Catalog, VIII, p. 478) mit *Dasyatis pastinaca* (L.) identifiziert wurde, wirklich aufrecht zu erhalten ist, ist noch der Prüfung an größerem Vergleichsmaterial bedürftig. Jedenfalls zeigt sie — sowohl nach den bisherigen Beschreibungen als nach dem uns vorliegenden Exemplar — überaus große Ähnlichkeit mit *D. pastinaca*, von dem sie, wenn nicht damit identisch, wohl höchstens eine geographische Varietät darstellen dürfte.

---

[1] Hier wie auch später immer auf der Bauchseite von der Schnauzenspitze bis zum Ansatz der Ventralen an die Schwanzwurzel gemessen.

3. **Urolophus fuscus** Garman.

Zwei Weibchen von 199 und 365 *mm* Gesamtlänge aus der Karlsruher Sammlung. Die Scheibenlänge dieser und eines dritten 173 *mm* langen Weibchens aus der hiesigen Sammlung ist 1·62 bis 1·84 mal, die Schwanzlänge 2·43 bis 2·61 mal, die Körperbreite 1·49 bis 1·6 mal in der Totallänge enthalten, die Körperlänge in der Körperbreite 1·01 bis 1·17 mal. Ferner verhält sich die Mundbreite zur Körperbreite wie 1 : 10·36 bis 11·55, zur Entfernung der etwas spitz vorgezogenen Schnauzenspitze von der Mundmitte wie 1 : 2·18 bis 2·5, die Entfernung des Nasenlochvorderrandes vom Mundwinkel zu der des ersteren von der Schnauzenspitze wie 1 : 2·22 bis 2·6, der Augendurchmesser[1] zur Interorbitalbreite wie 1 : 1·2 bis 1·5 und zur Schnauzenlänge wie 1 : 2·78 bis 3·27. Die Farbe entspricht den Angaben Jordan's und Fowler's (op. cit. p. 658), nur fehlt der von ihnen unterhalb des Auges angegebene schwarze Fleck und die schwärzliche Färbung der Oberseite des Schwanzes ist sehr schwach. Die Angabe Garman's (Proc. U. St. Nat. Mus., 1885, p. 41), daß die älteren Tiere eine bleichere Färbung als die jungen haben, wird durch unsere Exemplare bestätigt. Als abweichend von diesen obigen Beschreibungen ist zu erwähnen, daß das Exemplar der Wiener Sammlung die Bauchseite schwach fleischrosa gefärbt hat, während die beiden übrigen Tiere entsprechend den bisherigen Angaben eine weiße Grundfärbung der Ventralseite aufweisen.

4. **Astrape japonica** Schlegel.

Ein 290 *mm* langes Weibchen. Die Scheibenlänge ist in der Gesamtlänge 1·61 mal, die Schwanzlänge 2·64 mal, die Scheibenbreite 1·85 mal, letztere in der Scheibenlänge 1·15 mal enthalten. Die Mundbreite verhält sich ferner zur Körper-(Scheiben-)Breite wie 1 : 15·7, zur Entfernung des Scheibenvorderrandes von der Mundmitte wie 1 : 2·45, die Entfernung des Vorderrandes der Nasenlöcher vom Mundwinkel zu der des Nasenlochvorderrandes vom Scheibenvorderrande wie 1 : 2.

[1] Hier wie auch sonst immer von vorne nach hinten gemessen, und zwar das ganze Auge, nicht bloß die Cornea.

Schließlich ist der Augendurchmesser in der Interorbitalbreite 1·5mal, in der Schnauzenlänge 4·17mal, in der Entfernung der beiden Spritzlöcher voneinander 3·67mal enthalten.

Die Augen sind äußerst klein und durch die sie umgebenden Lider und Hautfalten fast ganz bedeckt. Die Dorsale erreicht bei unserem Exemplare, wenn niedergelegt, nicht ganz die Caudalwurzel; die Entfernung der Dorsalbasis von derselben ist 1·19mal in dieser letzteren enthalten. Die Farbe entspricht so wie alle übrigen Merkmale der Beschreibung Jordan's und Fowler's (op. cit. p. 656). Doch findet sich ein unregelmäßiger, unscharf konturierter weißer Fleck auf dem rechten hinteren Teile der Pectorale schräg einwärts vor der Einlenkung in die Ventralbasis. Ebenso ist der vorderste Rand der Ventrale auf der Bauchseite, die sonst ganz einfarbig braun ist, weiß.

Ob die vorliegende Art tatsächlich verschieden von *Astrape dipterygia* (Bl. Schn.) ist oder nur die ausgewachsene Form derselben darstellt, ist vor Untersuchung zahlreicheren Materials als bis jetzt bekannt ist, wohl nicht zu entscheiden. Für die letztere Möglichkeit spricht vielleicht die Angabe Cantor's (Malayan Fishes in Journ. of the Asiatic Society of Bengal, XVIII, II. Teil, p. 1401), daß die in der Jugend mit scharfen Winkeln und konkavem Rande versehene Ventrale von *Astr. dipterygia* später abgerundet wird, ebenso das von Müller und Henle zitierte Verhältnis von Scheibe zu Schwanz dieser Art, ferner die Angabe dieser Autoren, daß die erstere den vorderen Abschnitt der Ventrale bedecke, was freilich nicht mit der Abbildung in Olfers (Die Gattung *Torpedo*, Berlin 1831, Taf. II, Fig. 2) und Henle (Über *Narcine* usw., Berlin 1834, Taf. III, Fig. 2) übereinstimmt, die die Ventrale ganz unbedeckt von der Scheibe zeichnen. Auch ein kleines *A. dipterygia*-Exemplar unserer Musealsammlung zeigt ein gleiches Verhalten wie das letzterwähnte. Möglicherweise tritt auch hierin mit zunehmendem Alter eine Veränderung ein.

Die Meinung Schlegel's (Fauna japonica, p. 308), daß Müller und Henle in ihrem Plagiostomenwerke (p. 130) *Narcine Timlei*, »die in Japan gar nicht vorkomme«, mit der vorliegenden Form verwechselt hätten, eine Ansicht, die

Duméril (Elasmobr., p. 523) aufgreift, indem er sagt, daß die vier von Müller und Henle als *N. Timlei* zitierten Exemplare des Leydner Museums — die genannten Autoren schreiben übrigens: »viele« (nicht vier) »Exemplare aus Japan in Leyden« — »ohne Zweifel zu *Astrape japonica*« gehörten, und die auch Jordan und Fowler in einer Fußnote (op. cit. p. 656) als möglich erklären, ist wohl unbedingt von der Hand zu weisen. Daß keine Verwechslung vorliegt und die erwähnten Exemplare nicht zu *Astrape*, sondern tatsächlich zu *Narcine* gehören, geht nebst aus manch anderen Punkten der Beschreibung, z. B. über Färbung, Form und Verhalten der Ventralen, vor allem klar aus der Bemerkung hervor, daß sie nebst der Caudale zwei Rückenflossen besitzen. Daß ein derartiger Irrtum — zwei Rückenflossen von einer Form anzugeben, die nur eine besitzt — bei der großen Exaktheit des Werkes so gut wie ausgeschlossen ist, ist wohl als sicher anzunehmen, um so mehr als noch auf derselben Seite die mit »nur einer Rückenflosse« versehene Gattung *Astrape* und darunter (auf der nächsten Seite) auch *A. dipterygia* beschrieben wird. Eher wäre noch, wenn man den Umstand, daß bisher keine *N. Timlei* mehr in Japan gefunden wurden, erklären wollte, anzunehmen, daß die Fundortsangabe der Leydner Exemplare unrichtig war. Übrigens gibt Garman (Proc. U. St. Nat. Mus., 1885, p. 41) diese Art von Hongkong in China an, so daß es also durchaus nicht unmöglich wäre, sie auch an den japanischen Küsten wiederzufinden.

5. **Raja Meerdervoorti** Bleeker.

Ein 164 *mm* langes Weibchen. Die Körperlänge ist in der Gesamtlänge 1·8mal, die Schwanzlänge 2·25mal, die Scheibenbreite 1·39mal enthalten, die Scheibenlänge in der Körperbreite 1·3mal. Die Schnauze, deren Basis scharf abgesetzt ist, ist ein wenig vorspringend, der vordere Körperrand außer der stärkeren Einbiegung an der Basis der Schnauzenspitze nur in der Mitte seines Verlaufs ein wenig konkav. Eine gerade Verbindungslinie von der Schnauzenspitze zum äußersten Punkte der Pectoralecke fällt nur ganz vorne an der Schnauze über den Körperrand hinaus und verläuft sonst innerhalb

desselben. Die hinteren Pectoralränder sind ziemlich stark abgerundet, ebenso die äußeren Pectoralecken. Die Ventralen sind verhältnismäßig klein und schmal, ihre hintere Ecke spitzt sich zu einem etwas abgerundeten spitzen Winkel zu. Der vordere Abschnitt derselben ist weit ausgebreitet. Der Schwanz ist schmal, nur mit einer schmalen Lateralfalte versehen. Die beiden so ziemlich gleich großen Dorsalen sind durch einen deutlichen Zwischenraum voneinander getrennt, der sich zur Basislänge der ersten wie 1 : 1·14 verhält; die zweite Dorsale ist ebenfalls deutlich durch eine tiefe, enge Einkerbung von der verhältnismäßig stark entwickelten Caudalflosse geschieden. Die Augen stehen einander viel näher als dem Körperrand. Ihr größter Durchmesser (von vorne nach hinten) ist in der Interorbitalbreite 1·07mal, letztere in der Schnauzenlänge[1] 3·33mal enthalten. Jordan und Fowler (op. cit. p. 650) geben für letzteres Verhältnis 1·6mal an, eine Nachmessung der Verhältnisse an der beigefügten Abbildung ergibt aber ein Verhältnis von ungefähr 1 : 3·5, was mit unserem Exemplar tatsächlich übereinstimmen würde. Übrigens stimmen auch die anderen dort angegebenen Zahlen, z. B. Schnauze in Kopflänge 7·6mal, Auge (gemeint ist doch wohl auch da der größte Augendurchmesser) 3·5mal in der Interorbitalbreite usw. keineswegs mit den Verhältnissen seiner Zeichnung überein, die sich vielmehr in dieser Beziehung vollkommen mit dem mir vorliegenden Exemplar deckt. Die Mundbreite verhält sich ferner zur Entfernung ihrer Mitte von der Schnauzenspitze wie 1 : 1·83, zur Schnauzenlänge wie 1 : 1·67. Der Mund ist nur sehr schwach gekrümmt, fast gerade und hat im Oberkiefer 38 Reihen flacher, breiter, ovaler Zähne. Die Angabe Jordan's und Snyder's (Proc. U. St. Nat. Mus., XXIII, p. 337), daß nur 6 Reihen von Zähnen in jedem Kiefer sich befänden, muß offenbar auf einem Irrtum beruhen.

Die Entfernung des vorderen Nasenlochrandes von der Mundecke ist in der Entfernung des ersteren von der Schnauzenspitze 2·65mal enthalten. Vor dem Auge finden sich zwei, hinter demselben schräg vor der inneren Kante des Spritzloches,

[1] Von der Schnauzenspitze zum Augenvorderrande.

das unmittelbar hinter dem Auge schief gestellt liegt, ein starker gekrümmter, starrer Dorn, an dem inneren Augenbogen außerdem noch ein ganz lockerer, der nur in der Haut festzusitzen scheint und beweglich und schmäler ist als die übrigen. In der Mitte des Körpers vor der Schulter gleichfalls ein Dorn. Parallel mit der Insertion der Ventrale beginnt dann die Reihe der Schwanzstacheln, die in der Mittellinie des Schwanzes, 13 an der Zahl, ebenfalls stark gekrümmt, nach hinten ziehen. Die zwei letzten stehen zwischen den beiden Dorsalen. Sonst ist der Körper oben und unten vollkommen glatt. Die Färbung ist auf dem Rücken ein dunkles Braun mit zahlreichen größeren und kleineren lichteren, gelblichbraunen Flecken von meist rundlicher oder ovaler Gestalt, von denen je ein besonders großer in der Mitte jeder Pectorale, ungefähr in der Höhe der äußeren Pectoralecke am deutlichsten hervortritt. Der Schnauzenteil ist mit Ausnahme des Rostralknorpels lichter gefärbt, der Schwanz einförmig braun, die Dorsalen und die Caudale noch dunkler als dieser, die Bauchseite schmutzig grauweiß mit breitem, braungrauem Rande, der an den äußeren Pectoralecken und den hinteren Pectoralrändern weitaus am breitesten ist, die Schnauze und den Schwanz aber freiläßt und auf der Ventrale sehr schmal wird. Die zahlreichen Öffnungen der Schleimkanäle sind schwarz gefärbt.

Auch ich glaube, daß die von Jordan und Fowler (op. cit.) als *R. Meerdervoorti* beschriebenen Exemplare, wie die Verfasser ja schon selbst vermuten, nicht alle ein und derselben Art angehören dürften,[1] doch ist mangels hinreichenden Materials Genaueres darüber zu sagen unmöglich.

Dieselben Autoren führen Nyström's *Raja japonica* (Kgl. Svensk. Vet. Ak., 1887, p. 52) als Synonym zu *R. Kenojei* M. H. an. Ich glaube aber vielmehr, daß sie viel näher sich an die vorliegende Art anschließen dürfte; so sind z. B. Färbung, Anzahl der Zahnreihen (40), Bestachelung dieser Art nahezu oder ganz übereinstimmend mit dem vorliegenden Exemplar, während sie

[1] Besonders ist z. B. die Ein- oder Dreireihigkeit der Stacheln am Schwanze (falls diese beiden Zustände nicht von dem verschiedenen Geschlechte der einzelnen Exemplare bedingt werden) ein auffallendes Verhalten, das vielleicht eine Trennung ermöglichen dürfte.

von *R. Kenojei* schon durch die Einreihigkeit der Stacheln auf dem Schwanze scharf getrennt wird.

6. Raja fusca Garman.

Ein 140 *mm* langes Weibchen dieser Art, die bisher bloß in einem embryonalen Exemplar bekannt war. Die Körperlänge desselben verhält sich zur Gesamtlänge wie 1 : 1·79, die Schwanzlänge wie 1 : 2·26, die Körperbreite wie 1 : 1·49; in letzterer ist die Körperlänge 1·21 (Garman, Proc. U. St. Nat. Mus., 1885, p. 42, 1·33) mal enthalten.

Die Schnauze des Exemplars ist kurz, nicht vorgestreckt, die Vorderkante des Körpers konvex mit fast unmerklicher Einbiegung in der Mitte derselben. Die äußeren Pectoralecken sind vollständig abgerundet und bilden mit den hinteren Pectoralkanten einen besonders hinten bei den Ventralen stark gewölbten Bogen von ovalem Verlaufe; die Ventralen sind schlank, mit abgerundeter hinterer Ecke. Die Augen stehen einander viel näher als dem Körperrande; ihr Durchmesser ist in der Interorbitalbreite 1·18 mal enthalten, letzterer in der Schnauzenlänge 3·69 mal. Die Spritzlöcher sind schief gestellt und befinden sich unmittelbar hinter den Augen, etwas nach außen zu. Der Mund ist mäßig gebogen, mit einer Einkerbung auf jeder Seite, also etwa folgendermaßen: ⌢⌣⌢, die Biegung jedoch viel stärker als bei *Raja Meerdervoorti*. Im Oberkiefer zählte ich ungefähr (eine genaue Zählung war wegen der außerordentlichen Kleinheit der Zähne nicht möglich) 50 Reihen ziemlich flacher Zähne. Die Angabe Garman's, 30 Zähne, beruht also vielleicht auf einem Versehen. Die Nasenlöcher liegen weiter auseinander als bei *R. Meerdervoorti*, so daß die Entfernung ihrer inneren Nasenlochkanten ein wenig größer ist als die Mundbreite (1 : 1·06). Letztere ist in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte genau 2 mal, in der Schnauzenlänge 1·95 mal enthalten. Die Entfernung der vorderen Nasenlochkanten von der Mundecke ist ferner in der Entfernung der ersteren von der Schnauzenspitze 2·86 mal enthalten. Die Bestachelung entspricht den Garman'schen Angaben vollkommen — die Zahl der Stacheln in der medianen Schwanzstachelreihe beträgt mit den beiden Interdorsalstacheln 13. Auch die Form des Schwanzes

ist so, wie er sie beschreibt, nur ist zu erwähnen, daß der hinter den Dorsalen befindliche Endteil sehr kurz ist, nicht, wie er für sein embryonales Exemplar angibt, in eine lange Spitze ausgezogen, was also seine Vermutung, daß sich diese bei älteren Tieren verkürze, bestätigt. Auch die Farbe der Oberseite stimmt mit seinen Angaben, die der Unterseite ist gelblichweiß in der Mitte des Körpers und dem vorderen Teile des Schwanzes, der hintere Teil desselben, der Außenrand der Ventralen und der der Pectoralen sind ebenso braun wie die Oberseite des Körpers. Dieses braune, den erwähnten Rand bildende Band ist am Hinterrand und an der äußeren Ecke der Pectorale weitaus am breitesten (etwa doppelt so breit als auf der Ventrale), gegen vorne zu wird es rasch schmäler. Der Schnauzenteil ist innerhalb der Basisknorpel der Pectoralen, also in dem gerade vor dem Munde liegenden Felde graulichweiß. Ein schmales, scharf begrenztes Band zieht sich auch am vorderen Pectoralrande außerhalb des braunen Bandes bis in die Nähe der äußeren Pectoralecke; die Mündungen der Schleimporen, die nicht so zahlreich wie bei *R. Meerdervoorti* und äußerst regelmäßig angeordnet sind, sind schwarz gefärbt.

Raja fusca schließt sich in ihrem ganzen Habitus eng an *R. Meerdervoorti* an, von dem sie jedoch durch verschiedene wichtige Merkmale deutlich und scharf getrennt ist.

7. **Raja Kenojei** Müller und Henle.

Ein weibliches Exemplar von 492 *mm* Gesamtlänge. Die Körperlänge ist in derselben 1·68mal, die Schwanzlänge 2·46mal, die Körperbreite 1·43mal enthalten, die Körperlänge in letzterer 1·19mal. Die allgemeine Körperform stimmt vollständig mit Jordan's und Fowler's Angaben (Proc. U. St. Nat. Mus., XXVI, p. 653) überein, ebenso die Gestalt des Mundes, der Nasenlöcher usw. Zu erwähnen ist, daß die Augen einander viel näher stehen als dem Körperrand, nicht, wie die genannten Autoren angeben, weiter entfernt voneinander. Im Oberkiefer stehen 46 Zahnreihen; die mittleren Zähne haben eine sehr stumpfe Spitze, die Randzähne sind flach. Die Mundbreite ist in der Entfernung der Mundmitte von der Schnauzenspitze 1·56, in der Schnauzenlänge 1·47 (Jordan und Fowler: 1·4)mal

enthalten, der Augendurchmesser (von vorn nach hinten) in der Interorbitalbreite 1·12mal, letztere in der Schnauzenlänge 2·68mal. Schließlich verhält sich die Entfernung des vorderen Nasenlochrandes vom Mundwinkel zur Entfernung des ersteren von der Schnauzenspitze wie 1 : 1·76. Die Bestachelung stimmt ebenfalls mit den Angaben der obgenannten Autoren. Bemerkt sei, daß die Zahl der Stacheln auf dem inneren Augenbogen 6 beträgt und daß zwischen den Dorsalen, die sich sehr nahe stehen (ihre Entfernung verhält sich zur ersten Dorsalbasis wie 1 : 6·44), drei nicht hintereinanderstehende, auf einen kleinen Fleck zusammengedrängte Stacheln sich befinden.

Bezüglich der Färbung ist zu bemerken, daß neben den in der erwähnten Arbeit zitierten zahlreichen schwarzen Flecken des Rückens nur je ein den Ocellen bei *Raja circularis* äußerst ähnlich sehender Augenfleck auf jeder Körperseite in der Mitte derselben vorhanden ist, während die anderen von Jordan und Fowler angegebenen Ocellen fehlen. Am Schwanze konnte ich nur 6 sehr undeutliche Querbänder zählen (Jordan und Fowler: 9). Die Schleimporen der Unterseite haben ganz ungewöhnlich große Öffnungen. Auch die Ventralseite zeigt die gewöhnliche Färbung.

8. **Discobatus sinensis** (Bl. Schn.).

Ein Männchen von 505 und ein Weibchen von 415 *mm* Gesamtlänge. Die Scheibenlänge verhält sich zu derselben entsprechend wie 1 : 2·11, respektive 1 : 1·93, die Schwanzlänge wie 1 : 1·9 und 1 : 1·93, die Scheibenbreite wie 1 : 1·94 und 1 : 1·98; in letzterer ist die Scheibenlänge 1·09, respektive 1·05mal enthalten, ist derselben also nahezu gleich. Müller und Henle (Systematische Beschreibung Plagiostomen, p. 125) geben für diese beiden Messungen das Verhältnis 8 : 9 (1 : 1·13) an. Ferner ist die Mundbreite in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·67- und 2mal enthalten, die Entfernung des vorderen Nasenlochrandes vom Mundwinkel zur Entfernung des ersteren von der Schnauzenspitze 2·71- und 3·29mal, die Entfernung der beiden Nasenlöcher voneinander in der Mundbreite 2·24- und 2·14mal, der Augendurchmesser in der Interorbitalbreite 2·17- und 1·86mal, in der Schnauzen-

länge 5·54- und 5·09mal. Jordan und Fowler (Proc. U. S. Nat. Mus., XXVI, p. 648) geben für letzteres Verhältnis die sehr hohe Zahl 7 an. Die Entfernung der Spritzlöcher voneinander ist ferner beim Männchen 1·75mal in der Schnauzenlänge enthalten, was genau mit Jordan und Fowler's Angabe (op. cit.) stimmt, während sie beim Weibchen sich zu derselben wie 1 : 1·93 verhält. Schließlich ist die Entfernung der Nasenlöcher voneinander in der Schnauzenlänge beim Männchen 3·5mal, beim Weibchen genau 4mal enthalten (Jordan und Fowler: 4·33mal). Im Oberkiefer zählte ich bei dem Männchen ungefähr 91 Zahnreihen, von welchen besonders die mittleren ziemlich spitze Zähne enthalten. Das Weibchen besitzt bloß 66 Zahnreihen. Es scheinen also bei dieser Art sehr beträchtliche Schwankungen diesbezüglich vorzukommen. Müller und Henle (op. cit. p. 125) geben dafür die Zahl »gegen 80« an. Die Bestachelung ist folgendermaßen verteilt: 3 Stacheln auf dem inneren Augenbogen, das Männchen hat außerdem noch einen kleinen vierten vor diesen; die Anordnung und Zahl der Stacheln auf der Schulter ist die gewöhnliche, auch auf der Abbildung in Müller's und Henle's Werk ersichtliche. Etwas hinter dieser Stachelgruppe beginnt dann die einfache Reihe von Stacheln in der Mittellinie des Körpers und Schwanzes, die beim Männchen aus 21, beim Weibchen aus 18 Stacheln (einige davon allerdings sehr klein) besteht. Zwei davon stehen zwischen den beiden Dorsalen. Diese Stachelanordnung entspricht also vollkommen der Beschreibung Jordan's und Fowler's (op. cit.) und auch so ziemlich der Abbildung in dem zitierten Werke von Müller und Henle (Taf. 43). Dagegen lassen sich die Angaben Bloch's (Systema Ichthyolog., p, 353), Lacépède's (Hist. nat. poiss., I, 34, 157, Taf. II, Fig. 2) und auch die Beschreibung Müller's und Henle's (op. cit.) nicht damit vereinbaren. Alle diese Autoren geben an, daß die Mittelreihe auf dem Schwanze aufhört und durch zwei mehr an der Seite gelegene Reihen ersetzt wird. Ein derartiges Verhalten zeigt aber auch kein einziges der übrigen acht Exemplare der Wiener Museal sammlung, sondern alle besitzen eine einzige Mittelreihe von Stacheln auf dem Schwanze. Daß das von den genannten Autoren erwähnte Verhalten auch kein sekundärer

Geschlechtsunterschied sein kann, zeigt die Tatsache, daß sowohl die Männchen wie die Weibchen unter unseren Exemplaren die von uns geschilderten charakteristischen Verhältnisse aufweisen. Die erwähnte Verschiedenheit zwischen Müller's und Henle's Beschreibung und Abbildung ist übrigens schon Duméril (Elasmobranches, 1870, p. 576) aufgefallen, der angibt, daß das von Müller und Henle gesehene Exemplar ihrer Beschreibung entspricht, »aber nicht absolut gleich mit ihrer Zeichnung ist.« Offenbar stammt diese also von einem anderen Exemplar und wir haben es da vielleicht mit Exemplaren zweier varianter Formen dieser Art zu tun. Die bei anderen Gattungen so stark entwickelten Dornen an den Rändern der Pectorale, die ein Geschlechtsmerkmal der Männchen bilden, sind hier nur durch einen schmalen Saum sehr rudimentärer, gedrungener, nach hinten gerichteter Stachelchen am Vorderrande der Pectorale vertreten. Die Farbe des Männchens ist auf dem Rücken dunkel drapbraun — viel dunkler als die des Weibchens — auf dem Bauche gelblichweiß mit grauem Anflug auf dem Körperrande, der an den äußeren Pectoralkanten am breitesten ist. Auf der Ventrale finden sich (auf der Bauchseite) einige unregelmäßige bläulichgraue Flecke.

Entgegen seiner ersten in der »systematischen Beschreibung der Plagiostomen« ausgesprochenen Ansicht, daß das Genus *Discobatus* — er nennt es bekanntlich *Platyrhina* — zu den Rhinobaten zu stellen sei und mit diesen unter die Gruppe der *Squatinorajae* falle, stellte Müller dieses Genus dann in seiner späteren Arbeit: »Über den glatten Hai des Aristoteles und über die Verschiedenheiten unter den Haien und Rochen in der Entwicklung des Eies« (Berlin 1842), auf Grund seines Befundes, daß *Platyrhina Schoenleinii* sowie die eigentlichen Rochen (*Raja* etc.) eierlegend seien, zu den Rajiden und die späteren Autoren, Duméril, Günther in seinem Katalog, Jordan und Fowler usw., sind seinem Beispiel gefolgt. Erst Tate Regan hat in seiner Arbeit: »A Classification of the Selachian Fishes« (Proc. Zool. Soc., 1906, p. 722 usw.) sich der ursprünglichen Ansicht Müller's angeschlossen, indem er zufolge der Anordnung des Skeletts in der Dorsale und der Form der Ventrale sie zu den Rhinobatiden stellt. Es sind diese von ihm an-

geführten Merkmale auch sicher sehr gewichtige. Besonders die Form der Ventrale scheint mir überaus klar gegen eine Vereinigung mit den Rajiden zu sprechen; denn die so charakteristische Zweiteilung dieser Flosse bei den letzteren in einen hinteren eigentlichen Flossenteil und einen vorderen fußstummelähnlichen Teil, der offenbar eine besonders hochdifferenzierte, zum Gleiten über den Boden dienende Anpassungsform an die benthonische Lebensweise ist und deshalb eben auch bei der Beurteilung der Stellung dieser Formen der Rajiden besondere Berücksichtigung verdient und sie meiner Ansicht nach dadurch von allen anderen Batoiden scharf trennt, fehlt bei *Discobatus* vollständig und nicht einmal eine schwache Andeutung weder im Skelett noch im äußeren Bau weist auf dieses wichtige, nur den Rajiden eigentümliche Merkmal hin. Außerdem sind aber auch noch andere Merkmale für eine derartige Stellung von *Discobatus* unter den Rhinobatiden zu verzeichnen. So ist z. B. die Form der Nasenlöcher und Nasenklappen und die Stellung der Nasenlöcher zueinander den Verhältnissen bei den Rhinobatiden, natürlich mit kleinen Abänderungen entsprechend, während sie sich von der der Rajiden ziemlich stark unterscheidet. Ebenso zeigt auch die Form der Bezahnung und Bestachelung entschieden mehr Anklänge an den Typus der Rhinobatiden als den der Rajiden. Auch die Form der Schwanzflosse schließt sich eng den Verhältnissen bei der ersterwähnten Gattung an. Gegenüber all diesen Unterschieden vom *Raja*-Typus ist wohl der Umstand, daß diese Form ebenfalls eierlegend ist, zu einer Begründung ihrer Vereinigung mit letzterer durchaus nicht ausreichend. Denn eierlegende und lebendig gebärende Formen sind sich ja oft sehr nahe verwandt, ja, wir finden beide Erscheinungsweisen sogar je nach den verschiedenen Lebensbedingungen bei einer und derselben Form wieder. Ich möchte da nur das Beispiel des Salamanders (*S. maculosa*) erwähnen, bei dem derartige Beobachtungen ja schon gemacht worden sind. Solche Merkmale, die hauptsächlich von biologischen Verhältnissen abhängen, zur systematischen Beurteilung einer Form heranzuziehen, ist überhaupt nicht

durchführbar oder nur zur Unterstützung schon vorhandener Unterscheidungsmerkmale tunlich.

9. Rhinobatus Schlegelii M. H.

Zwei Männchen von 546 und 833 *mm* Gesamtlänge, in der die Scheibenlänge 2·22- und 2·26mal, die Schwanzlänge 1·82- und 1·8mal, die Körperbreite 3·03 und 3·5mal enthalten ist (Jordan und Fowler, op. cit., p. 645, 3·4mal). Letztere verhält sich zur Körperlänge (ohne Schwanz) wie 1 : 1·37 und 1 : 1·3 (Jordan und Fowler, op. cit., ungefähr 1 : 1·5). Ferner ist die Mundbreite in der Körperbreite 5·45- und 5·18mal, in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte bei beiden Exemplaren 3·39mal, die Entfernung des vorderen Nasenlochrandes vom Mundwinkel in der Entfernung des ersteren von der Schnauzenspitze 3·81- und 3·48mal, die kürzeste Entfernung der beiden Nasenlöcher in der Breite derselben 1·33- und 1·5mal, der Augendurchmesser in der Schnauzenlänge 5·08- und 4·96mal, die Interorbitalbreite im ersteren 1·09- und 1·08mal, schließlich die Basis der zweiten Dorsale in der Entfernung derselben von der ersten 2·42- und 2·57mal, in der Entfernung von der Caudalwurzel 1·3- und 1·38mal und die erste Dorsalbasis in der zweiten 1·06- und 1·08mal enthalten. Es ist daraus also die ziemlich beträchtliche Beständigkeit der einzelnen Körperverhältnisse bei verschieden alten Tieren ersichtlich. Viel größere Schwankungen mit zunehmendem Alter ergibt die Zahl der Zähne, eine Tatsache, die sich übrigens auch bei anderen *Rhinobatus*-Arten (*Rh. columnae* M. H.) und auch bei *Discobatus sinensis* (siehe dort) zeigt. Das kleinere Exemplar hat nämlich im Oberkiefer 71 Zahnreihen, während das größere ungefähr 105 zählt. Ebenso ist die Bestachelung ziemlich variabel. Das kleinere Tier hat eine Reihe von 58 kleinen, aber deutlichen Stachelchen in der Mittellinie des Körpers bis zur ersten Dorsale, zwischen den zwei Dorsalen 13 Stachelchen, auch ist der innere Augenbogen mit stärker hervortretenden Rauhigkeiten besetzt. Das größere Exemplar zeigt dagegen von all dem nichts, sondern ist auf der Oberseite des ganzen Körpers einförmig rauh ohne irgendwelche stärker hervortretende Hartgebilde. Die auch bei *Rh. columnae*

von mir (Ichthyol. Ergebn. einer Reise nach Island etc., Ann. Nat. hist. Hofmus. 1906, XXI, p. 129) erwähnte, dem Rande der Leibeshöhle auf der Bauchseite entlang laufende, eigenartig geschwungene Einfaltung der Haut ist auch hier vorhanden und auf ihrem ganzen Verlauf an ihrer Außenseite mit kleinen seitlichen Ästchen, wohl den Ausmündungen von Hautkanälchen, versehen.

Die Färbung der Tiere zeigt nichts von den bisherigen Beschreibungen verschiedenes. Das größere Tier, ein offenbar schon ganz erwachsenes Männchen, hat dünne, schlanke, nur wenig von oben nach unten (vom Rücken gegen den Bauch) komprimierte, zylinderförmige Genitalklammern mit kurz zulaufender Spitze, die denen von *Discobatus sinensis* in der Form sehr ähnlich sehen; auch einer der Beweise (wenn auch nur in zweiter Linie zu berücksichtigen), daß die beiden Formen sich sehr nahe stehen.

Tectospondyli.

10. Pristiophorus japonicus Gthr.

Ein junges Männchen von 744 *mm* Gesamtlänge. Die Kopflänge ist in derselben genau 3mal, die Caudallänge 6·05mal, die Körperhöhe 15·83mal, die Entfernung der Mundmitte vom Ende der Säge 3·58mal enthalten. Ferner ist die Mundbreite in der Bartellänge 1·28mal, in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 5·78mal enthalten, die Entfernung der Nasenlöcher voneinander in der Mundbreite 1·57mal, die Entfernung des Vorderrandes der Nasenlöcher vom Mundwinkel in der Entfernung des ersteren von der Sägespitze 1·45mal, die Entfernung des Bartelursprungs vom Mundwinkel in seiner Entfernung von der Spitze der Säge 1·12mal, der Augendurchmesser in der Interorbitalbreite 1·17-, in der Kopflänge 13·72mal, die Interorbitalbreite in der letzteren 11·76mal. Die Angabe Jordan's und Fowler's (op. cit., p. 639) »tip of snout to eye $3^3/_4$ in head« beruht wohl auf einem Druckfehler; es sollte statt dessen wohl heißen: »$3^3/_4$ in body«, was so ziemlich mit den Verhältnissen unseres Exemplars (1 : 3·96) übereinstimmen würde. Im Oberkiefer unseres Tieres befinden sich 46 Reihen von Zähnen, von denen nur die mittleren spitzig sind, während die äußeren, fast ganz flach, nur eine schwache

Andeutung einer Spitze in der Mitte besitzen. Günther gibt (Cat. VIII., p. 433) für *Pr. japonicus* 52 bis 58, für *Pr. cirratus* (op. cit., p. 432) aber 42 Zahnreihen im Oberkiefer an, so daß unser Exemplar sich also diesbezüglich in der Mitte zwischen beiden Formen hält, ja sogar *Pr. cirratus* näher steht. Wie unser Beispiel zeigt, finden aber eben so große Schwankungen diesbezüglich statt, daß dieses Merkmal zur Unterscheidung wohl nicht geeignet erscheint. Was die Säge anbelangt, so stehen zwischen je zwei größeren Zähnen 1 bis 6 kleinere, so daß auch hier die Angaben Günther's (3 bis 5) erweitert werden müssen; doch unterscheiden sich diese Zähne sehr deutlich in ihrem ganzen Habitus von denen bei *Pr. cirratus*, wo sie viel regelmäßiger stehen und auch viel gedrungener, breiter sind. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß unser Museum ein *Pristiophorus*-Exemplar aus Tokio mit einer vollständig der von *Pr. cirratus* entsprechenden Säge besitzt, das die Schlegel'sche Abbildung in der Fauna japonica, Tafel 137, bestätigt, so daß, wenn der auch von Günther (l. c.) als Unterscheidungsmerkmal angeführte Unterschied in der Bezahnung der Säge tatsächlich als trennend betrachtet werden muß, demnach das Verbreitungsgebiet dieser letzteren Art nördlich bis nach Japan hinaufreicht und *Pr. cirratus* also dort mit *Pr. japonicus* gemeinsam ist.

Die Pectoralwurzel unseres Exemplars ist der Spitze der Säge ein wenig näher als dem Beginn der zweiten Dorsalbasis (Jordan und Fowler geben für ihr Exemplar an, daß sie letzterer näher ist). Die erste Dorsalbasis ist ferner 2·83mal, die zweite 2·69mal, die Entfernung der zweiten Dorsale von der Caudalwurzel 1·53mal in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander enthalten, die Ventralbasis in der Pectoralbasis 1·08mal, schließlich die Entfernung der Pectorale von der Ventrale 1·65mal in der Entfernung der letzteren von der Caudalwurzel. Das Ende der zweiten Dorsalbasis ist bei unserem Exemplar der ersten Dorsale näher als der Spitze der Caudale (Verhältnis dieser Entfernungen 1 : 1·27), bei Jordan's und Fowler's Exemplar steht es in der Mitte zwischen beiden. Auf die Tatsache, daß die Flossen dieser Art, ebenfalls zum Unterschiede von *Pr. cirratus*, nicht ganz bis zum Rande

beschuppt sind, hat Günther (l. c.) schon hingewiesen. Doch ist, wie ich glaube, auf diesen Umstand nicht sehr viel Gewicht zu legen, da die Schuppen, wie ich mich überzeugte, besonders gegen die glatte Randzone hin nicht besonders haltbar und fest sind, so daß ein Abstoßen derselben verhältnismäßig leicht durch äußere Einflüsse stattfinden kann und also wohl oft nicht von spezifischen Unterschieden herrührt.

Der Körper ist oben dunkel braungrau, unten, besonders in der hinteren Hälfte, lichter weißlichgrau gefärbt; die Seitenlinie des Körpers ist intensiv gelblichweiß gefärbt und trennt dadurch die obere dunklere von der unteren lichteren Partie.

11. Etmopterus frontimaculatus Pietschmann.

(Taf. I, Fig. 2, Taf. II, Fig. 2.)

Anz. Akad. Wiss. Wien 1907, XX, p. 2.

Acht Exemplare von 263 bis 320 *mm* Gesamtlänge.

Der Körperbau zeigt im allgemeinen die Eigentümlichkeiten der Gattung: schlanken Leib und großen, breiten Kopf, dessen Schnauzenteil erst unmittelbar vor der kurz abgestutzten Schnauzenspitze an Breite stärker abnimmt. In der Gesamtlänge ist die Kopflänge 4·79- bis 5·25 mal enthalten, die Körperhöhe, unmittelbar vor der ersten Dorsale gemessen, 7·74- bis 10·07 mal. Die Augen sind groß, rund, ihr Durchmesser ist in der Kopflänge 3·8- bis 4·34 mal, in der Interorbitalbreite 1·07- bis 1·4 mal enthalten; die Entfernung des Augenvorderrandes von der Schnauzenspitze (die Schnauzenlänge) verhält sich zur Kopflänge wie 1 : 2·67 bis 3·35, zur Entfernung des Augenhinterrandes von der ersten Kiemenspalte bei sieben Exemplaren wie 1 : 1·16 bis 1·43, bei dem achten sind diese beiden Entfernungen genau gleich; nur ausnahmsweise ist also das Auge der Schnauzenspitze nicht näher als der ersten Kiemenspalte. Der Interorbitalraum ist ziemlich stark eingebuchtet, die Interorbitalbreite in der Kopflänge 2·95- bis 3·73 mal enthalten, die Spritzlöcher klein, rundlich-dreikantig begrenzt, ihre Entfernung vom Augenhinterrande 1·39- bis 1·69 mal im Augendurchmesser enthalten. Die Nasenlöcher stehen nahe der Schnauzenspitze an der Stelle der Schnauze, wo die Rundung derselben beginnt; die Entfernung des vorderen Nasenlochrandes von der Schnauzenspitze ist in der Entfernung der

letzteren vom Mundwinkel 3·48- bis 4·26mal, in einem extremen Falle 5·21 mal enthalten. Die Nasenlöcher sind breit, am Rande mit einem vorderen und einem hinteren Nasenlappen versehen, von denen der erstere in eine schräg nach außen zeigende Spitze sich auszieht; auch der hintere Lappen ist an dieser Stelle etwas ausgedehnter, so daß sie sich hier übereinanderlegen und eine natürlich nur oberflächliche Trennung in einen seitlichen runden und einen inneren ovalen offenen Teil des Nasenloches bewirken. Die Entfernung der Nasenlöcher voneinander ist in der Mundbreite 2·2- bis 2·41 mal, in der Länge des präoralen Kopfteiles (von der Schnauzenspitze bis zur Mundmitte gemessen) 3·33- bis 3·75mal enthalten. Letztere verhält sich zur Gesamtlänge des Kopfes wie 1 : 1·72 bis 1·95. Der Mund ist gebogen, seine Breite in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·41- bis 1·56mal enthalten, die Lippenfalte tief; ihre Totallänge verhält sich zur Mundbreite wie 1 : 1·46 bis 1·92; der Teil vor dem Mundwinkel ist nur sehr kurz, der hinter diesem befindliche weitaus länger; doch schwankt das Längenverhältnis der beiden Teile beträchtlich (zwischen 1 : 2 und 1 : 5·16). Die Bezahnung gleicht sowohl im Ober- wie im Unterkiefer der von *Etmopterus lucifer* Jordan und Snyder. Die Kiemenspalten stehen sämtlich vor der Pectorale, sind klein, die hinteren unbedeutend kürzer werdend und ein wenig näher aneinanderstehend als die ersten.

Die beiden Dorsalen haben sehr verschiedene Gestalt; die erste, die stets etwas hinter dem Ende der Pectorale (nicht über diesem!) inseriert, ist viel kleiner, niedriger als die zweite, stark nach hinten niedergebogen, so daß die hintere Hälfte ihrer oberen Kante fast parallel mit dem Rücken verläuft und die Flosse dadurch eine Gestalt erhält, die der einer Forellenfettflosse sehr ähnlich sieht. Der kurze Stachel ist niedriger als sie, die Länge ihrer Basis verhält sich zu der der zweiten Dorsale wie 1 : 1·23 bis 1·57. Die erste Dorsale ist offenbar die am schwächsten gebaute von allen Flossen, denn bei der Mehrzahl der Exemplare findet sich irgendeine Verletzung oder Verkümmerung an derselben; überhaupt aber scheinen die Flossen, namentlich ihre Randteile sehr empfindlich und zart zu sein, denn fast kein Exemplar hat alle Flossen vollständig intakt, sondern

bei jedem zeigt sich an der einen oder anderen ein Defekt. Die zweite Dorsale ist beträchtlich höher als die erste, mit starkem, gebogenem Stachel, der in den meisten Fällen höher wie sie selbst ist, versehen; nur in zwei Fällen ist er etwas niedriger als die Flosse. Die obere Ecke derselben ist abgerundet, die Hinterkante sanft konkav geschweift, mit der Innenkante in eine kurze Spitze zusammenlaufend.

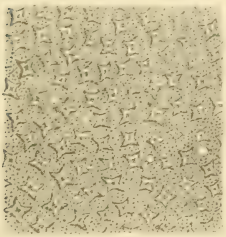
Die Caudale ist verhältnismäßig groß und lang, ihre Länge in der Gesamtlänge 3·93- bis 4·52mal enthalten. Der sehr große obere Lappen hat an der unteren Kante eine nicht sehr tiefe, aber deutliche Einkerbung. Die Pectorale ist breit, mit ganz abgerundeten Ecken, ihr Hinterrand gebogen, jedoch nicht so regelmäßig und stark, wie dies bei *Etmopterus lucifer* nach Jordan's Zeichnung der Fall ist. Auch ist der ventral gelegene Teil der Flosse länger als bei der letzteren Art, so daß die Hinterkante von oben schräg nach hinten abwärts verlauft, während sie bei der Jordan'schen Art in ihrer allgemeinen Lage senkrecht zur Längsachse des Körpers gerichtet ist. Die Ventrale zeigt keine besonderen Unterschiede von der erwähnten Art. Ihre hintere Spitze liegt etwas unter der ersten Hälfte der zweiten Dorsale, doch ist die gegenseitige Stellung dieser beiden Flossen ziemlich variabel.

Zur Gesamtlänge verhält sich die Entfernung der ersten Dorsale von der Schnauzenspitze wie 1 : 2·6 bis 3·03, die Entfernung der zweiten Dorsale von der ersten wie 1 : 4·05 bis 5·42, die der zweiten Dorsale von der Caudale wie 1 : 8·82 bis 10·62, schließlich die Entfernung der Pectoralwurzel von der Schnauzenspitze wie 1 : 3·9 bis 4·42.

Die Haut ist mit sehr kleinen schüsselförmigen Schüppchen bedeckt, die durch vertiefte Zwischenräume voneinander getrennt werden (Textfig. 1). Ihre Gestalt, die nur unter der Lupe deutlicher zu erkennen ist (Textfig. 2), ist ungefähr vierkantig, mit erhabenem Rande (besonders an den vier Ecken) und vertiefter Mitte. Dadurch, daß diese Schüppchen über die umgebenden Partien der Haut hervorragen, gewinnt diese ein feinwarziges Aussehen. Die auffallend dünkleren, ganz tiefschwarzen Teile des Bauches, der Caudale und des unteren Kopfteils hinter dem Munde, von denen ja auch bei den übrigen Arten der

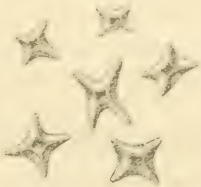
Gattung angegeben wird, daß sie die Fähigkeit zu leuchten haben, entbehren dieser Schuppen, dafür ist die Haut dort von zahlreichen Öffnungen, wohl Drüsenmündungen, die eng aneinander liegen, durchsetzt. In allerdings viel geringerer Anzahl finden sich solche Drüsenmündungen auch über den übrigen Teil des Körpers zerstreut.

Die allgemeine Körperfarbe unserer Tiere ist dunkel braunschwarz mit Ausnahme der oben erwähnten tiefschwarzen Stellen an der Unterseite des Körpers. Die Ränder sämtlicher Flossen, die auch frei von Schuppen sind, sind dagegen matt fleischfarben oder (bei zwei in Formol konservierten Exemplaren) weißlich.



Textfig. 1.

Ein Stück der Haut von *Etmopterus frontimaculatus*, 14fache Vergrößerung. Die weißen kreisrunden Flecke sind Mündungen von Drüsen.



Textfig. 2.

Einzelne Hautschüppchen von *Etmopterus frontimaculatus*, stärker (23fach) vergrößert.

Besonders konstant und charakteristisch sind je ein länglicher, schmaler, milchweißer Fleck von etwa mondsichelförmiger Gestalt am oberen Augenrand und ein ebenso gefärbter rundlicher in der Mitte der Stirn. (Siehe die Fig. 2 auf Taf. I und Fig. 2 auf Taf. II.) Letzterer hat gewöhnlich verschwommene Konturen, während die ersteren in der Regel scharf umrandet sind. Schon die Lage dieser Flecken, abgesehen von der Farbe, deutet darauf hin, daß sie als Leuchtorgane dienen dürften.

Etmopterus frontimaculatus unterscheidet sich von *E. lucifer* vor allem durch die ganz andere Form seiner Beschuppung, ferner

durch den weißen Stirnfleck und die Farbe der Flossen, die viel lichter sind als die der erwähnten Art. Auch die Anordnung der Beschuppung ist eine andere; die schräg nach hinten ziehenden Schuppenreihen, wie sie *E. lucifer* aufweist, fehlen bei unserer Art, bei der die Schüppchen ziemlich unregelmäßig gelagert sind.

Ich erlaube mir zum Schlusse Herrn Prof. D. St. Jordan für eine freundliche Mitteilung bezüglich seines *Etmopterus lucifer* an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Eine Synopsis der beiden japanischen *Etmopterus*-Arten lautet:

a) Schuppen in Reihen angeordnet, mit kurzer Spitze und zwei kleinen seitlichen Höckern; kein weißer Stirnfleck . . . *E. lucifer* Jordan und Snyder.

b) Schuppen unregelmäßig angeordnet, flach schüsselförmig, ohne Spitze; weißer Stirnfleck . . . . . *E. frontimaculatus* m.

12. **Acanthidium eglantinum** (Jordan u. Snyder).

Ein 839 *mm* langes Weibchen aus der Haberer'schen Sammlung des Berliner Museums lag mir vor. Die Kopflänge desselben, die der Länge der Caudale vollständig gleich ist, ist in der Totallänge des Tieres 4·39mal enthalten, die Körperhöhe ungefähr 10·5mal (wegen der starken Verdrückung des Exemplares nicht genau meßbar). Ferner ist der Augendurchmesser in der Kopflänge 4·82mal, in der Schnauzenlänge 2·41mal enthalten und genau gleich der Interorbitalbreite; zur Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte verhält er sich wie 1:3·11, zur Entfernung der Spirakel voneinander wie 1:1·19. Letztere ist in der Mundbreite 1·18mal enthalten, diese in der Kopflänge 3·47mal, in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 2·24mal; schließlich verhält sich die Entfernung des Spritzlochvorderrandes vom Augenhinterrand zum Augendurchmesser wie 1:2·69. Mit Ausnahme der Kopflänge sind diese Angaben, wie ersichtlich, von denen Jordan's und Snyder's (P. U. St. Nat. Mus., 1902, p. 80) nicht besonders verschieden. Ich glaube aber, daß auch

der verhältnismäßig große Unterschied der beiden Angaben über die Kopflänge — Jordan und Snyder geben als Verhältnis zur Gesamtlänge 3·75 an — dadurch leicht zu erklären ist, wenn man bedenkt, daß die genannten Autoren ein viel kleineres Tier — 12 Zoll, d. i. ungefähr 310 *mm* lang — untersuchten, das eben die Verhältnisse, wie sie bei jugendlichen Tieren sich ja meistens finden, zeigt, daß nämlich der Kopf im Verhältnis zum übrigen Körper schon stärker entwickelt und deshalb auch verhältnismäßig größer ist als bei erwachsenen. Außerdem ist auch die individuelle Variation in Rücksicht zu ziehen.

Die Entfernung des Augenvorderrandes von der Schnauzenspitze ist bei unserem Exemplar genau der des Augenvorderrandes von der ersten Kiemenspalte gleich. Jordan und Snyder geben an, daß die erstere bei ihrem Tiere etwas kleiner sei. Bei den Zähnen konnte ich von einer kleinen basalen Spitze, wie sie die beiden Autoren erwähnen, nichts sehen, nur eine schwache Aufwölbung des seitlichen Randes zeigt sich. Es mag dieses teilweise oder gänzliche Verschwinden der lateralen Spitzen wohl auf Abkauung zurückzuführen sein; ähnliche Fälle sind ja auch bei anderen Formen, z. B. bei *Scyliorhinus canicula* (Moreau, Poiss. France, I, 281) schon beobachtet worden. Die Entfernung der Spritzlöcher voneinander ist bei unserem Exemplare unbedeutend mehr als 2 mal (1 : 2·02) in der Schnauzenlänge enthalten, während Jordan und Snyder angeben, daß sie ein wenig größer sei als die letztere. Diese Angabe dürfte doch wohl nur auf einem Irrtum beruhen, wie schon die Zeichnung in der zitierten Arbeit wahrscheinlich macht. Auf dieser ist das Spritzloch (wie es auch den Verhältnissen bei unserem Exemplare entspricht) sehr hoch am Kopfe schräg über den Augen sichtbar, so daß das Tier einen ganz unverhältnismäßig dicken Kopf haben müßte, wenn tatsächlich zwischen den beiden Spritzlöchern eine Entfernung bestünde, die noch größer wäre als die auf der Zeichnung ersichtliche beträchtliche Schnauzenlänge. Die Dorsalflossen dieser Art sind von sehr langgestrecktem Bau. Die Vorderkante erhebt sich insbesondere bei der ersten nur sehr sanft und allmählich über den Rücken, so daß eine sehr lange Basis

entsteht — ihre Länge ist in der Gesamtlänge nur 3·34mal enthalten — und der verhältnismäßig steil aufragende Stachel erst in der zweiten Hälfte der Basallänge die Flosse durchbricht. Der erste Ansatz der ersten Dorsale beginnt eigentlich schon über der dritten Kiemenspalte mit einer ganz leichten, aber deutlichen Hautfaltung am Rücken, die allmählich höher wird und dabei zugleich auch an Dicke an ihrer Basis zunimmt; nur der obere Teil der Flosse, die übrigens nicht so steil aufragt, wie Jordan und Snyder sie zeichnen, ist dünn. Dies gilt auch von der zweiten Dorsale, deren Basis sich zu der der ersten wie 1 : 1·67 verhält und die sich ebenfalls nur allmählich über den Körper erhebt. Die Basis der letzteren Flosse vom Stachel bis zum hinteren Ende verhält sich zu der entsprechend gemessenen Basis der ersten Dorsale wie 1 : 1·42 (0·72 : 1), zur Entfernung des Hinterendes der ersten Dorsalbasis vom zweiten Dorsalstachel wie 1 : 1·82, die erste Dorsalbasis ohne den Teil vor dem Stachel zu letzterer Entfernung wie 1 : 1·28.

Die Pectorale ist ziemlich schlank, nicht so stark ausgebreitet wie in der Abbildung der mehrfach zitierten Arbeit, mit stark gebogener äußerer und nur schwach gebogener hinterer und innerer Kante. Die beiden hinteren Winkel sind abgerundet. Ihre größte Länge ist in der des Kopfes 1·71mal, in der Gesamtlänge 7·49mal enthalten. Die Ventralen sind ziemlich klein, haben gerade Innen- und schwach konvex gebogene Außen- und Hinterkante; das hintere Ende ihrer Basis erreicht eine Senkrechte vom Vorderrande des zweiten Dorsalstachels. Ihre größte Länge ist in der Körperlänge 9·76-, in der Pectorallänge 1·3mal enthalten. Die Körperbeschuppung entspricht den Angaben Jordan's und Snyder's mit Ausnahme von zwei Körperstellen. Ganz vorne an der Schnauzenspitze verschwinden die dreizackigen Schüppchen und gehen allmählich in kompaktere, dem Kopfe eines Nagels gleichende, dick und kurz gestielte Granulierungen mit undeutlichen radiären Wülsten, die wohl den drei Zacken der übrigen Schuppen entsprechen, über. Ferner stehen auch vor dem Munde anders geformte Schuppen. Die den übrigen Körper bedeckenden dreikieligen, mit drei Spitzen versehenen Schuppen werden dort immer flacher und breiter und verlieren die seitlichen

Spitzen, so daß sie schließlich unmittelbar vor dem Munde gestielt herzförmig oder breit lanzenspitzenförmig sind. Dicht hinter dem Munde sind die Schuppen etwas gedrungener und weniger spitz, doch sonst im Wesen den übrigen Körperschuppen gleichgeformt.

Die Nasenlöcher, Lippen, die Mundhöhle, die Ränder der Kiemenspalten und aller Flossen sind braunschwarz gefärbt, sonst ist die allgemeine Färbung ein lichtes Drapbraun.

13. **Acanthidium hystricosum** Garman.

Ein 696 *mm* langes Weibchen der Karlsruher Sammlung, das der Garman'schen Beschreibung (New Plagiostoma in: Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. Coll., XLVI, p. 206) ziemlich gut entspricht. Allerdings ist eine ganz sichere Bestimmung nach dieser vorläufigen Mitteilung, die nur ganz kurze Charakterisierungen der einzelnen Arten (es werden drei neue *Acanthidium*-Arten beschrieben) enthält, nur sehr schwer durchzuführen, zumal bei jeder der einzelnen drei Beschreibungen vielfach fast gar keine Rücksicht auf die beiden anderen genommen wurde derart, daß man nämlich Vergleiche anstellen könnte. So wird z. B. bei der vorliegenden Art wohl das Verhältnis von Kopflänge, Schwanz- und Caudallänge zur Gesamtlänge angeführt, bei der ersten *(Ac. rostratum)* aber keines davon, bei der dritten *(A. aciculatum)* nur das letzte. Bei *A. hystricosum* wird die Entfernung zwischen den Nasenlöchern mit ihrer Entfernung von der Schnauzenspitze verglichen, bei *A. aciculatum* aber mit der Schnauzenlänge, bei der dritten Art ist nichts davon erwähnt usw.

Die Kopflänge des vorliegenden Exemplares ist in der Gesamtlänge 4·46mal enthalten, die Caudallänge 4·87mal, die Körperhöhe 8·09mal. Ferner ist der Augendurchmesser in der Kopflänge 5·67mal, in der Schnauzenlänge 3·07mal enthalten, die Interorbitalbreite im Augendurchmesser 1·16mal, die Mundbreite in der Kopflänge 4·11, in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 2·95mal. Die Entfernung der Spritzlöcher voneinander verhält sich zur Schnauzenlänge wie 1 : 2·41 und ist unbedeutend kleiner als die Mund-

breite (1:1·03), die Entfernung der Spritzlochvorderrandes vom Hinterrande des Auges ist im Durchmesser des letzteren 2·23mal enthalten. Schließlich ist die Entfernung der Nasenlöcher voneinander in ihrer Entfernung von der Schnauzenspitze 1·6mal enthalten. Die Schnauze, die bei dem vorhin beschriebenen Exemplar von *Ac. eglantinum* aus Berlin vor den Nasenlöchern verhältnismäßig ziemlich spitz zuläuft, verschmälert sich gegen die Spitze zu bei dem vorliegenden Tiere etwas weniger; die Spitze selbst ist breit gerundet. Auch liegen die Nasenlöcher bei dem letzteren etwas weiter hinten als beim ersteren.

Die erste Dorsale erhebt sich auch hier wieder sehr allmählich, doch beginnt sie nicht so weit vorne, sondern erst ein beträchtliches Stück hinter dem Hinterrande der Pectoralbasis, etwa über der zweiten Hälfte des freien inneren Pectoralrandes. Die Basis der zweiten Dorsale, die sich mit ihrer Vorderkante bedeutend steiler erhebt, ist in der der ersten 1·51mal enthalten. Wenn man bloß den Teil der Basis hinter dem Stachel in Betracht zieht, so verhält sich der der ersten Dorsale zu dem der zweiten wie 1:1·08, zur Entfernung des Hinterendes der ersten Dorsalbasis vom zweiten Dorsalstachel wie 1:2·24, während der erwähnte Basisteil der zweiten Dorsale in letzterer Entfernung 2·06mal enthalten ist. In der Totallänge ist die gesamte erste Dorsalbasis 5·4mal enthalten. Diese letzteren Verhältnisse zeigen also verhältnismäßig ziemlich große Unterschiede gegenüber der früheren Art, während in den früheren Maßverhältnissen oft sehr starke Ähnlichkeit ersichtlich ist. Auch die Form der Pectoralen und Ventralen ist der des anderen Exemplares ähnlich, nur erstrecken sich die hinteren Kanten der Ventralen noch ein Stück über den zweiten Dorsalstachel hinaus nach hinten. Die größte Länge der Pectorale ist in der Kopflänge 1·88mal, in der Gesamtlänge 8·39mal, die größte Ventrallänge in der Kopflänge 2·46, in der Totallänge 11·05mal, in der Pectorallänge 1·32mal enthalten. Die Beschuppung ist am ganzen Körper mit Ausnahme der beiden bei der vorigen Art erwähnten Stellen, die ähnlich wie bei dieser beschuppt sind, der Garman'schen Beschreibung entsprechend, jedoch ebenfalls der des vorigen

Tieres ähnlich. Auch die Färbung ist gleich der des Garman-schen Exemplares.

Aus den vorliegenden Beschreibungen ist wohl zur Genüge ersichtlich, daß die beiden denselben zugrunde gelegten Exemplare vielfache auffallende Ähnlichkeiten aufweisen. Andrerseits machen aber die beiden kurzen Charakteristiken Jordan's und Garman's die Einteilung derselben in die entsprechenden beiden Arten notwendig. Ich kann mich der Meinung jedoch nicht verschließen, daß ein umfangreicheres Vergleichsmaterial wohl noch mancherlei Ähnlichkeiten und Übergänge ergeben würde, so daß man auch eine nähere Zusammengehörigkeit der besprochenen beiden Formen und vielleicht auch der einen von den beiden anderen Garman'schen Arten, nämlich von *A. rostratum*, erkennen könnte, die vielleicht die Trennung in einzelne Arten unmöglich machen würde.

14. **Centrophorus granulosus** (Bl. Schn.).

Ein junges 535 *mm* langes Weibchen aus der Sammlung Haberer's des Wiener Museums und ein 908 *mm* langes Männchen aus der Sammlung von Karlsruhe gehören hierher. In der vorhin (p. 661) erwähnten Abhandlung hat Garman zwei neue *Centrophorus*-Arten beschrieben: *C. acus* und *C. tesselatus*. Eine Bestimmung unserer zwei Exemplare nach seinen Angaben ergibt, daß das Weibchen zu der ersteren Art zu stellen wäre, denn es besitzt, so wie er angibt, zahlreiche weiße Schuppen, verstreut zwischen den grau gefärbten, ferner ist die Form derselben ebenso wie die der Zähne der Beschreibung entsprechend und auch die Körpermaße stimmen mit dieser überein. Das größere Männchen dagegen wäre der Art *C. tesselatus* anzureihen, wie vor allem schon das Vorhandensein des von Garman erwähnten Mittelzahns im Unterkiefer nebst der übrigen Ähnlichkeit der Körperverhältnisse, Färbung usw. mit seinen Angaben erweist.

Der Autor der beiden Arten weist nun bei jeder derselben auf die Ähnlichkeit mit *C. granulosus* M. H. hin. Eine nähere Vergleichung der beiden japanischen Exemplare mit solchen aus dem Mittelmeer hat mir nun tatsächlich ergeben, daß diese

Formen aufs engste zusammengehören und jedenfalls nicht verschiedenen Arten zuzurechnen sind. Was zunächst das kleinere Weibchen, das an *C. acus* sich anschließt, anbelangt, so scheinen sich auf den ersten Blick als Unterschiede von *C. granulosus* die erwähnten weißen Schuppen zu erweisen, ferner die etwas verschiedene Form der Schuppen und eine spitzere Schnauze, als sie Müller und Henle in ihrem Werke (Syst. Beschr. Plagiost., p. 89, Taf. 34) für die europäischen Exemplare angeben und zeichnen. Die zerstreuten weißen Schuppen finden sich jedoch auch bei einem nahezu gleich großen Männchen von *C. granulosus* der Wiener Sammlung aus Nizza. Die Schuppenform dieser beiden Exemplare ist von der in Müller und Henle gezeichneten wohl etwas abweichend. Es sind nämlich, so wie auch Garman angibt, etwas schmälere, schärfere Schuppen, d. h. der Typus der Form ist zwar der gleiche, aber die von Müller und Henle nur am hinteren Rande gezeichneten Zähnelungen erstrecken sich hier als Kiele fast über die ganze Schuppe nach vorne und der mittlere Kiel ist besonders stark ausgeprägt. Es ist dies jedoch nicht, wie man meinen könnte, ein Artunterschied, sondern lediglich auf das geringere Alter der beiden Exemplare zurückzuführen, bei denen eben auch die Schuppen noch nicht so abgenutzt und deshalb noch nicht größtenteils glatt sind wie bei den älteren. Beweis dafür, daß wir es tatsächlich nur mit zwei Stadien einer Form zu tun haben, ist, daß ein größeres Exemplar der Wiener Sammlung von 680 *mm* Totallänge, das ebenfalls aus Nizza stammt, Schuppen besitzt, die ungefähr in der Mitte stehen zwischen den eben erwähnten und den von Müller und Henle gezeichneten, während das oben erwähnte 908 *mm* lange Männchen aus Japan in bezug auf die Schuppenform der erwähnten Zeichnung sich eng anschließt. Auch die spitzere Form der Schnauze ist nichts spezifisch Unterscheidendes, sondern auch diesbezüglich konnte ich bei unseren übrigen Musealexemplaren Übergänge zu der ein wenig mehr gerundeten, breiteren Form der größeren Individuen finden.

Fundort mit Bemerkungen	Japan (aus der Wiener Sammlung) *(C. acus)* ♀	Nizza (mit zerstreuten weißen Schuppen) ♂	Nizza (ohne weiße Schuppen) ♂	Japan (aus der Karlsruher Sammlung) *(C. tesselatus)* ♂
		aus der Wiener Sammlung		
Gesamtlänge in Millimetern	536	554	680	908
Verhältnis der Kopflänge zur Gesamtlänge wie	1 : 5·1	1 : 4·99	1 : 5·48	1 : 5·5
Verhältnis der Körperhöhe zur Gesamtlänge wie	1 : 8·69	1 : 9·23	1 : 9·07	1 : 7·69
Verhältnis der Caudallänge zur Gesamtlänge wie	1 : 3·63	1 : 3·74	1 : 3·35	1 : 3·59
Verhältnis des Augendurchmessers zur Kopflänge wie	1 : 3·39	1 : 3·17	1 : 3·35	1 : 3·59
Verhältnis des Augendurchmessers zur Schnauzenlänge wie	1 : 1·13	1 : 1·21	1 : 1·3	1 : 1·11
Verhältnis des Augendurchmessers zur Interorbitalbreite wie	1 : 1·02	1 : 0·98	1 : 1·08	1 : 1·02
Verhältnis der Mundbreite zur Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte wie	1 : 1·33	1 : 1·39	1 : 1·5	1 : 1·29
Verhältnis der kleinsten Entfernung der Nasenlöcher voneinander zur Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte wie	1 : 2·67	1 : 3·28	1 : 3·06	1 : 2·96
Verhältnis der kleinsten Entfernung der Nasenlöcher voneinander zur kleinsten Entfernung der Spritzlöcher voneinander wie	1 : 2·05	1 : 2·21	1 : 2·02	1 : 2·37
Verhältnis der Entfernung der Schnauzenspitze vom Nasenlochvorderrande zur Entfernung der Schnauzenspitze vom Mundwinkel wie	1 : 2·71	1 : 2·92	1 : 2·65	1 : 2·88
Verhältnis der Mundbreite zur Kopflänge wie	1 : 2·69	1 : 2·41	1 : 2·58	1 : 2·66
Verhältnis der Länge der zweiten Dorsalbasis zu der der ersten wie	1 : 1·26	1 : 1·3	1 : 1·22	1 : 1·4

Fundort mit Bemerkungen	Japan (aus der Wiener Sammlung) *(C. acus)* ♀	Nizza (mit zerstreuten weißen Schuppen) ♂	Nizza (ohne weiße Schuppen) ♂	Japan (aus der Karlsruher Sammlung) *(C. tesselatus)* ♂
		aus der Wiener Sammlung		
Verhältnis der Länge der ersten Dorsalbasis zur Entfernung der ersten Dorsale von der zweiten wie	1 : 1·69	1 : 1·55	1 : 1·78	1 : 1·75
Verhältnis der Länge der zweiten Dorsalbasis zur Entfernung der ersten Dorsale von der zweiten wie	1 : 2·14	1 : 2·02	1 : 2·18	1 : 2·44
Verhältnis der Entfernung der Schnauzenspitze vom Beginn der ersten Dorsale zur Gesamtlänge wie	1 : 3·55	1 : 3·46	1 : 3·45	1 : 3·83
Verhältnis der Entfernung der ersten Dorsale von der zweiten zur Gesamtlänge wie	1 : 4·72	1 : 5·18	1 : 4·59	1 : 4·32
Verhältnis der Entfernung der zweiten Dorsale von der Caudale zur Gesamtlänge wie	1 : 13·39	1 : 13·19	1 : 15·11	1 : 13·86
Verhältnis der Entfernung der Ventrale von der Caudale zur Entfernung der Pectorale von der Ventrale wie	1 : 2·25	1 : 1·9	1 : 2·18	1 : 1·84

Das zweite der oben erwähnten japanischen Exemplare, das 908 *mm* lange Männchen, wäre hingegen nach Garman's Beschreibung eher zu *C. tesselatus* zu stellen. Es besitzt nämlich im Unterkiefer einen Medianzahn. Doch glaube ich, daß auch dieses Exemplar nicht spezifisch von *C. granulosus* zu trennen ist. Denn im ganzen Körperbau, in der Form und Struktur der Schuppen und in den Verhältnissen der einzelnen Körperteile zueinander schließt es sich so eng an diese Art an, daß eine Trennung von derselben eben nur auf Grund des Mittelzahnes vorgenommen werden könnte. Nun erwähnen Müller und Henle im Texte überhaupt nichts über das Vorhandensein oder Fehlen eines Mittelzahnes, auf der entsprechenden Taf. 34

dagegen ist auf der speziellen Zeichnung des Maules und der Zähne kein Mittelzahn gezeichnet, dagegen bei der Abbildung des Kopfes von unten ganz deutlich ein solcher zu erkennen, der auch ziemlich genau dieselbe Form hat und sogar noch größer ist als der unseres Exemplares. Demnach können wir also ersehen, daß eine diesbezügliche Variabilität auch schon bei den europäischen Exemplaren zu finden ist, so daß tatsächlich auch dieser letzte Grund der Trennung der beiden angeblichen Arten wegfällt. Wie sehr übrigens die verschiedenen Exemplare aus den so weit getrennten Gebieten übereinstimmen, zeigt die obige Tabelle der Maßverhältnisse von vier verschiedenen Exemplaren, die außer dem Vorerwähnten wohl deutlich erkennen lassen dürfte, daß alle diese Individuen einer einzigen Art angehören, die eben, schon infolge der weiten Verbreitung, der Variabilität etwas stärker unterworfen ist.

15. **Centrophorus steindachneri** Pietschmann.

(Taf. I, Fig. 1.)

Anz. Ak. Wien 1907, XX, p. 1.

Zwei junge Männchen von 426 und 431 *mm* Gesamtlänge.

Der Körper ist schlank gebaut, am breitesten dicht hinter dem Kopfe, der groß und breit ist, mit niederer Stirn, die nach vorne mit Ausnahme einer starken Einbuchtung vor den Augen ziemlich gleichmäßig abfällt. Die Kopflänge ist in der Gesamtlänge 4·63 und 4·64mal enthalten. Die größte Körperhöhe — im ersten Drittel der ersten Dorsale befindlich — verhält sich zur letzteren wie 1 : 9·26 und 1 : 9·59. Die breit ansetzende Schnauze spitzt sich nach vorne zu, die Schnauzenspitze selbst ist abgerundet, die Augen sind groß, ihr Vorderrand bei dem einen Exemplar nur ganz unbedeutend weiter von der Schnauzenspitze entfernt als der Hinterrand von der ersten Kiemenspalte, während bei dem zweiten die letztere Entfernung um ein geringes größer ist (bezügliches Verhältnis 1·07 : 1 und 0·97 : 1). Die ziemlich geräumigen Spritzlöcher stehen schräg nach oben hinter den Augen, in einer Entfernung von dem Hinterrand der letzteren, die 3-, respektive 2·4mal im Augendurchmesser enthalten ist; ihre Gestalt ist ungefähr linsenförmig.

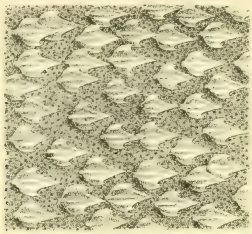
Der Interorbitalraum ist nur flach eingebuchtet, die Interorbitalbreite in der Kopflänge 3·64 und 3·58mal enthalten. Der Mund ist sanft gebogen, die an den Mundwinkeln befindlichen Mundfalten sind sehr tief und lang, bedeutend länger als bei *Centrophorus foliaceus* Gthr., wo die beiden Teile derselben, der vor und der hinter dem Mundwinkel, nach Günther's Abbildung (Challenger-Exped., Vol. XXII, Taf. II, Fig. 1) ungefähr gleich lang, jeder etwas weniger als halb so lang als eine Oberkieferhälfte sind, während bei der vorliegenden Art der hinter dem Mundwinkel gelegene Teil nahezu genau die doppelte Länge des vorderen Teiles hat, der auch bei dieser Art halb so lang wie eine Oberkieferhälfte ist. Die Gesamtlänge der Mundfalte verhält sich zur Mundbreite wie 1 : 1·05 und 1·11, ist also nahezu gleich groß wie die letztere. Die Zähne gleichen denen von *C. foliaceus*; die des Oberkiefers sind in der Mitte nahezu gleichschenkelig, gegen die Mundwinkel zu immer mehr schräg, mit der Spitze nach diesem gerichtet, die des Unterkiefers sehr stark ungleichseitig, so daß die gegen die Mundmitte gerichteten konvex verlaufenden Kanten nahezu wagrecht sind. In jedem Kiefer sind zwei Reihen in Funktion. Die Mundbreite ist in der Kopflänge 3·12 und 3mal enthalten, in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·86 und 1·74mal; die Nasenlöcher der Schnauzenspitze viel näher als dem Munde; ihre Entfernung von der ersteren verhält sich zur Entfernung der Schnauzenspitze vom Mundwinkel wie 1 : 2·54 und 1 : 2·2, ihre gegenseitige Entfernung zur Länge des Präoralteiles des Kopfes (von der Schnauzenspitze zur Mundmitte gemessen) wie 1 : 2·89 und 1 : 3, zur Entfernung der Spirakel voneinander wie 1 : 1·63 und 1 : 1·67. Die Nasenlappen sind in zwei Spitzen ausgezogen, von denen die äußere die größere ist, die Schnauzenlänge schließlich ist in der Kopflänge 2·52 und 2·58mal, der Augendurchmesser 3·41 und 3·88mal enthalten. Die Kiemenspalten, sämtlich vor der Pectorale gelegen, sind nicht sehr lang, etwa halb so lang als der Augendurchmesser, die erste die kürzeste, die letzte die längste; die Entfernungen der einzelnen Kiemenspalten voneinander nehmen nach hinten zu ab. Die erste Dorsale beginnt über dem inneren Pectoralwinkel, steigt sehr

allmählich an und ist länger, aber etwas niedriger als die zweite; ihre Basis ist in der Entfernung der beiden Dorsalen[1] voneinander 1·1 und 1·27 mal enthalten (ohne den Teil vor dem Stachel 2·12 und 2·42 mal), während die der zweiten in dieser Entfernung 1·29 und 1·65 mal (ohne den Teil vor dem Stachel 2·45 und 2·67 mal) enthalten ist. Die zweite Dorsale steigt steiler an als die erste und auch ihr Hinterrand, der so wie der der ersten Dorsale gerade ist, fällt schräger ab als der der letzteren. Die oberen Winkel sind bei beiden abgerundet, der Hinter- und Innenrand laufen in eine Spitze zusammen. Der Innenrand der ersten Dorsale ist in der Basis dieser Flosse 2·73 und 2·28 mal, der der zweiten Dorsale in der zweiten Dorsalbasis 2·75 und 2·35 mal enthalten. Ferner verhält sich zur Gesamtlänge die Entfernung der ersten Dorsale von der Schnauzenspitze wie 1 : 3·61 und 1 : 3·15, die Entfernung der beiden Dorsalen voneinander wie 1 : 6 und 1 : 5·57 und die Entfernung der zweiten Dorsale von der Caudale wie 1 : 16·71 und 1 : 14·38. Die Dorsalstacheln sind gedrungen, etwas niedriger als die Flosse, der sie angehören, und ragen, der der ersten Dorsale mit dem oberen Drittel, der der zweiten mit der oberen Hälfte seiner Länge aus der Körperhaut heraus. Die Caudale ist in ihrer Gestalt der von *C. foliaceus* ähnlich, nur verhältnismäßig bedeutend länger und niedriger. Ihre Länge ist in der Gesamtlänge 3·84 und 3·55 mal enthalten. Die Pectoralen sind länger als breit, ihr Vorderrand stark konvex, der Außenwinkel abgerundet, der innere Rand in eine Spitze nach hinten ausgezogen; die Entfernung ihrer vorderen Ansatzstelle von der Schnauzenspitze ist in der Gesamtlänge 3·91 und 4·64 mal enthalten, in der Entfernung ihrer inneren Ansatzstelle von der Ventrale 1·14 und 1·24 mal. Der Hinterrand der Ventralen ist geradlinig, die hinterste Spitze derselben erstreckt sich etwas hinter die zweite Dorsalstachelbasis.

Die Haut ist auf dem ganzen Körper mit kleinen Schuppen von ziemlich gleicher Größe bedeckt (Textfig. 3) und unterscheidet

[1] Diese Entfernungen sind stets vom Ende der betreffenden Flossenbasis an gemessen.

sich also auch dadurch von der von *C. foliaceus*, der viel größere Schuppen besitzt, unter denen wieder die gegen den Rücken zu, insbesondre in der Gegend der ersten Dorsale, die übrigen an Größe übertreffen (siehe die zitierte Abbildung Günther's). Die einzelnen Schuppen sind dreizackig, mit sehr starkem Mittelkiel und ganz schwachen Seitenkielen, ihre Gestalt ist lanzettförmig, die Vorderkante konkav (bei *C. foliaceus* konvex), die Hinterkante stark konvex. Auf dem Bauch und den Flanken sind sie etwas breiter und flacher als auf dem Rücken, vorn auf der Schnauze gehen sie allmählich über in die sehr stark modifizierten Schuppen der Schnauzenspitze: nagelkopfähnliche Gebilde mit radiären Rippen. Auch vor und hinter dem Mund sind sie insofern verändert, als sie viel breiter und kürzer, der



Textfig. 3.

Haut von *Centrophorus steindachneri* von der oberen Körperhälfte vor der ersten Dorsale, 16fach vergrößert. Zwischen den einzelnen Schuppen sind die schwarzen Pigmentpunkte der Haut sichtbar.

Mittelkiel schwächer, die Seitenkiele etwas stärker werden und die seitlichen Spitzen fast ganz verschwinden.

Die Farbe der beiden Tiere ist in Alkohol drapgrau mit braunem Schimmer, die Kiemenspalten und ihre Umgebung, die Mundwinkel, Nasenlöcher, der innere Pectoral- und Ventralwinkel sowie der After sind bläulichschwarz, ebenso sind die äußeren Teile der Pectoralen und Ventralen, die oberen Teile der Dorsalen und der größte Teil der Caudale von dunklerer schwärzlicher Färbung.

Centrophorus steindachneri Pietschm. ist mit *C. foliaceus* Gthr. zunächst verwandt, unterscheidet sich von demselben jedoch, kurz zusammengefaßt, durch die Art der Beschuppung,

Form der Pectoralen, Länge der Mundfalte und die Form und Verhältnisse des präoralen Kopfteiles.

Eine kurze Synopsis der beiden Arten ergibt folgendes:

a) Körper mit ungleich großen Schuppen bedeckt, diejenigen am Rücken größer als die anderen, Schuppenvorderkante konvex ..... *C. foliaceus* Gthr.

b) Körper gleichmäßig fein mit kleinen Schuppen bedeckt, Schuppenvorderkante konkav..... *C. steindachneri* m.

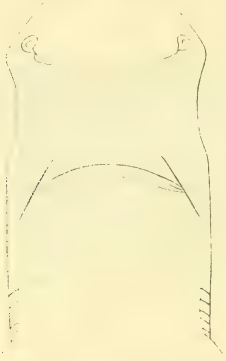
16. **Centroscymnus owstonii** Garman.

Ein 765 *mm* langes Männchen dürfte dieser von Garman in der oben erwähnten vorläufigen Notiz (New Plagiostoma in Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. Coll., Vol. XLVI, p. 207) kurz beschriebenen Art zugehören. Leider stand mir von anderen schon länger bekannten *Centroscymnus*-Arten gar kein Vergleichsmaterial zur Verfügung, so daß bei der Kürze und Unvollständigkeit der Garman'schen Notiz, die nur einige Merkmale der neuen Art aufführt, eine genaue Bestimmung überaus schwer ist. Im folgenden möge die Beschreibung des Exemplares Platz finden.

Der Körper ist hoch und verhältnismäßig breit, der Kopf niedrig, spitz zulaufend, die Kopflänge 5·2mal, die Körperhöhe 6·89mal in der Gesamtlänge enthalten. Die Schnauze ist breit, rundlich, die weitere seitliche Begrenzung des Kopfes, die sodann durch die Augenlider gebildet wird, ist flach, aber deutlich konkav, so daß der Umriß des Kopfes, von oben gesehen, das Bild ergibt, wie Textfig. 4 schematisch darstellt.

Die Augen sind sehr groß, ihr Durchmesser verhält sich zur Kopflänge wie 1 : 3·44, zur Schnauzenlänge wie 1 : 1·28, während die Interorbitalbreite in der Kopflänge 3·87mal enthalten, also etwas kleiner ist als der Augendurchmesser. Die Schnauzenlänge ist der Entfernung des Augenhinterrandes von der ersten Kiemenspalte gleich, so daß das Auge also gerade in der Mitte zwischen Schnauzenspitze und erster Kiemenspalte liegt. Der Interorbitalraum ist am Rande gegen die Augen zu etwas aufgebogen, dann auf beiden Seiten vertieft und in der Mitte wieder gewölbt. Gegen die Schnauze, die oben sanft

konkav ist, fällt er stark ab. Die Spirakel liegen schräg einwärts hinter den Augen, die Entfernung ihrer Vorderkanten vom Augenhinterrand ist im Augendurchmesser 1·79mal enthalten. Ihre vordere Begrenzung ist halbkreisförmig, die hintere nahezu gerade. Die von Garman bezüglich ihrer Lage und der Präspirakularkammer angegebenen Merkmale stimmen mit den Verhältnissen bei unserem Exemplar überein. Die Entfernung der Spritzlöcher voneinander verhält sich zu der Schnauzenlänge wie 1·13 : 1 und ist mehr als die Hälfte größer als die Entfernung der



Textfig. 4.

Kopfumriß von *Centroscymnus owstonii* von unten (auf $^1/_3$ verkleinert).

Nasenlöcher voneinander (1·55 : 1). Der Mund ist nur an den Seiten etwas stärker gebogen, die Länge der großen Mundfalte, die unbedeutend weniger weit nach vorne (d. h. nach der Mitte des Kiefers zu) reicht als die in der Tiefe versteckte kurze Lippenfalte, in der Mundbreite 1·41mal enthalten. Die letztere verhält sich zur Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte wie 1 : 1·38, während die Entfernung der Nasenlöcher voneinander in ihr 1·77mal enthalten ist. Die Zähne zeigen die dieser Gattung charakteristische Gestalt, wie sie auch Garman beschreibt. Die Nasenlöcher sind schräg gestellt,

stehen unmittelbar vor den Augen, die Entfernung ihres Vorderrandes von der Schnauzenspitze ist in der Entfernung der letzteren vom Mundwinkel 2·71mal enthalten. Der obere Nasenlappen setzt so wie der untere breit an und hat eine ganz stumpfe Spitze, während der letztere in einen gegen die Mittellinie des Körpers sich umschlagenden, ziemlich breiten, langen Zipfel ausläuft; dieser ist durch den oberen Lappen nahezu ganz verdeckt. Außerdem sind in dem gegen den Körperrand gelegenen Teil des Nasenloches am Grunde desselben zwei Hautlappen sichtbar, die sich, soweit sie ohne Beschädigung des Exemplars gesehen werden konnten, als ziemlich breite, hohe, an der Spitze abgerundete Falten erwiesen, die in das Lumen der Nase hineinragen.

Die Kiemenspalten stehen sämtlich vor der Pectorale, die letzte unmittelbar an der Basiswurzel derselben; sie sind schmal, die mittleren länger als die erste und letzte, die zweite am längsten, doch ist der Unterschied nur ein geringer. Auch ihr gegenseitiger Abstand voneinander ist ungefähr gleich groß. Von den beiden Dorsalen ist die erste so stark nach rückwärts gebogen, daß ihre obere Kante fast dem Rücken parallel verläuft, viel niedriger und langgestreckter als die zweite, die sich auch viel stärker über den Rücken erhebt. Die erste hat abgerundete Ecken — auch die Hinterkante ist rund — während die zweite eine in einen kurzen Fortsatz ausgezogene Hinterkante besitzt, wie ja auch Garman es angibt. Bei beiden sind nur die äußersten Spitzen der Stacheln außerhalb der Haut sichtbar. Was ihre gegenseitige Stellung im Verhältnis zu ihrer Basis betrifft, so verhält sich der Teil der Basis der ersten, der hinter dem Flossenstachel liegt, zu der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander (also bis zum Ursprung der zweiten Dorsalbasis) wie 1 : 5·83, zur Entfernung der ersten Dorsale von dem hinter dem Dorsalstachel gelegenen Basisteil der zweiten wie 1 : 6·79, der letzterwähnte Basisteil der zweiten Dorsale zu dieser letzteren Entfernung aber wie 1 : 5·46; ferner ist der hinter dem Stachel gelegene Basisteil der ersten Dorsale in dem der zweiten Dorsale 1·24mal enthalten, also beträchtlich kürzer als dieser, während die Gesamtbasis der ersteren Flosse länger als die der letzteren ist (Verhältnis 1 : 1·14). Die Ent-

fernung der ersten Dorsale von der Schnauzenspitze ist in der Gesamtlänge 3·29mal enthalten.

Die Caudale, deren Länge in der Totale 4·25mal enthalten ist, ist hoch und kräftig gebaut, mit deutlichem Einschnitt des oberen Lappens und ähnelt in der Gestalt der von *Centroscymnus squamulosus* (Gthr.), hat jedoch etwas weniger abgerundete obere und untere Ecken. Ihre Ränder sind übrigens so wie die der übrigen Flossen an unserem Exemplare stark zerschlissen. Die Entfernung der Caudale von der zweiten Dorsale verhält sich zu dem hinter dem Stachel liegenden Basisteil dieser Flosse wie 1·29 : 1. Die Pectorale hat ebenfalls abgerundete Ecken, ihr oberer Teil reicht am weitesten nach hinten, so daß die Hinterkante, wenn die Flosse an den Körper angelegt wird, schräg von oben nach unten vorwärts verläuft. In dieser Lage ist die hinterste Ecke der Pectorale nahezu genau senkrecht unter dem Basisende des ersten Dorsalstachels gelegen. Die Entfernung der Pectoralwurzel von der Schnauzenspitze ist in der Gesamtlänge 4·2mal enthalten. Die Ventralen sind geradlinig begrenzt, mit Ausnahme der Randpartien sehr dick und fleischig und ihre Innenkante ist bis auf einen kleinen Teil an der Spitze mit den Klammerorganen verwachsen, welch letztere nur wenig über das Ende der Ventralen nach hinten ragen und in eine schlanke, kegelförmige Spitze endigen. Die Haut ist mit Ausnahme der Flossenränder, der Lippen, Nasenlöcher, Spirakel, des inneren Randes und der Spitze der Klammerorgane vollständig mit verhältnismäßig großen Schuppen dicht bedeckt. Auch bei dieser Art haben die Schuppen nicht auf dem ganzen Körper gleiches Aussehen, sind vielmehr besonders auf dem Kopfe und dem vordersten Teile des Rückens und der Seiten, wo sie allmählich die Form der übrigen Körperschuppen annehmen, von abweichender Gestalt. Sie sind nämlich daselbst rundlich-blattförmig, auf kurzem Stiele, mit drei oder fünf starken Rippen, die gegen den Schuppenrand ein wenig konvergieren und je eine vorspringende Spitze bilden. Nur an der Schnauzenspitze werden diese Rippen schwächer und als nur etwas erhöhte Streifungen sichtbar, so daß die Schuppen hier nagelkopfartiges Aussehen erhalten. Ungefähr in der Mitte der Pectorallänge nehmen die Körperschuppen dann die

auch für *C. coelolepis* Boc. und Cap. charakteristische, von Vaillant (Exped. Trav. Talism., p. 65) beschriebene Form an: kurzgestielte Blättchen mit flachem Rande und einer flach schüsselförmigen Einbuchtung der Oberfläche an der Anheftungsstelle des Stieles auf den Schuppen. Die Rippen verschwinden auf den Rücken- und Seitenschuppen ganz; nur die Bauchschuppen zeigen sie noch, wenn auch sehr reduziert, insbesondere tritt der Mittelkiel etwas deutlicher an der Spitze hervor.

Die Farbe des Tieres ist in Alkohol einförmig kaffeebraun mit leichtem, metallischem Schimmer, der durch den Glanz der Schuppenplättchen mit ihrer glatten Oberfläche hervorgerufen wird. Die von Schuppen nicht bedeckten oben erwähnten Körperteile sind bläulichschwarz.

Inwieweit Beziehungen dieses Exemplares zu *C. coelolepis*, dem es wohl nach den vorhandenen Beschreibungen ziemlich nahe stehen dürfte, zu konstatieren sind, konnte, wie gesagt, mangels von Vergleichsmaterial der letzteren Art nicht genau festgestellt werden.

Asterospondyli.

17. Isuropsis glauca (M. H.).

Zwei weibliche Exemplare, das eine von 781 *mm* Länge aus der Karlsruher Sammlung, das andere, 1 *m* lang, aus dem Berliner Museum, lagen mir vor. Einige Maße derselben sind folgende: Die Kopflänge ist 4·36- und 4·24mal, die Körperhöhe 7·4- und 6·4mal in der Gesamtlänge enthalten (die erste Zahl bezieht sich immer auf das kleinere Exemplar). Ferner ist die Mundbreite 3·09- und 3·23mal, der Augendurchmesser 9·68- und 10·73mal, die Interorbitalbreite nur 3·38- und 3·78mal in der Kopflänge enthalten, während sich der Augendurchmesser zur Schnauzenlänge wie 1 : 3·46 und 1 : 3·5 verhält. Die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte ist weiters in der Mundbreite 1·05- und 1·01mal (diese beiden Maße sind also nahezu gleich), die Entfernung der Schnauzenspitze vom vorderen Nasenlochrand in der Entfernung der ersteren vom Mundwinkel 2·72- und 2·67mal enthalten.

Was einzelne Längen- und Stellungsverhältnisse der Flossen anbetrifft, so ist die zweite Dorsalbasis in der ersten 8·93- und 8·15mal, die Entfernung der beiden Dorsalen voneinander in der Gesamtlänge 4·22- und 4·05mal, die Entfernung der zweiten Dorsale von der Caudale in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander 2·98- und 3·29mal und schließlich der Abstand der Anale von der Caudale in dem der zweiten Dorsale von der letzteren 1·13- und 1·09mal enthalten. Die Anale steht also der Caudale etwas näher als die zweite Dorsale.

Unsere beiden Exemplare zeigen (in Alkohol) eine etwas mehr dunkel-schieferblaue Färbung als die Zeichnung Müller's und Henle's (Syst. Beschreib. Plagiost.). Die Ventralen sind auf der oberen dem Körper zugekehrten Seite nur ganz vorne, hinter dem schmalen weißen Rand intensiv blau gefärbt, welche Färbung gegen hinten zu immer mehr abnimmt und ungefähr in der Mitte der Flosse in das Weißgrau des übrigen Teiles übergeht. Die Anale ist nicht, wie die oberwähnte Abbildung zeigt, ebenso blaugrau wie die zweite Dorsale, sondern hat dieselbe lichte weißgraue Färbung wie der Bauch.

Die obere Kante der Schwanzflosse hat bei beiden mir vorliegenden Exemplaren einen leicht, aber deutlich gewellten Verlauf. Diese Wellung liegt senkrecht zur Ebene der Flosse.

18. **Sphyrna zygaena** (L.).

Ein 688 *mm* langes Weibchen aus der Karlsruher Sammlung und sechs unmittelbar vor der Geburt stehende Embryonen (drei Männchen und drei Weibchen) von 423 bis 450 *mm* Gesamtlänge aus dem Berliner Museum lagen mir vor. Die Verhältnisse des Kopfes, namentlich des Hammerteiles desselben ändern sich offenbar mit dem fortschreitenden Wachstum. Denn bei den sechs Embryonen ist der Hinterrand jeder Hammerseite im Verhältnis zur Höhe des Hammers (bei den Augen gemessen) geringer als bei dem größeren Karlsruher Exemplare; bei den ersteren ist das entsprechende Verhältnis 1 : 1·24 bis 1·36, wobei die niedrigste Zahl (1 : 1·24) dem größten Exemplare zukommt, bei dem letzteren aber schon 1 : 1·11.

Der Hammer wird dann bei größeren Exemplaren immer breiter, während sich seine Höhe nicht mehr so stark ändert, so daß bei großen Exemplaren die Hammerhöhe bei den Augen kleiner ist als die Hinterkante einer Seite desselben; so ist das Verhältnis von ersterer zu der letzteren bei zwei 1220 und 1300 *mm* großen Tieren aus Marokko 1 : 4·08 und 1 : 4·21 (Pietschmann, Ichth. Ergebnisse einer Reise nach Island, Marokko etc., Annal. Hofmus. Wien, Bd. XXI, p. 99). Daß diese anderen Verhältnisse nicht etwa in einer Verschiedenheit der Tiere nach ihrem Fundort als in einer geographischen Variation begründet sind, zeigt die Tatsache, daß ein ganz junges, etwa neugebornes Tier aus Messina dieselben Verhältnisse (Hammerhöhe größer als hinterer Rand des Hammers) zeigt wie die vorliegenden japanischen Exemplare. Was ferner die Einbuchtung in der Mitte des Vorderrandes betrifft, deren verschiedene Stärke ja auch zum Teil als Unterscheidungsmerkmal zwischen *Sph. zygaena* (L) und *Sph. tudes* (Cuv.) angegeben wird, so variiert dieselbe auch bei unseren Exemplaren von *Sph. zygaena* ganz merklich. Die jungen Tiere von Japan sowie das oberwähnte Exemplar von Messina lassen von derselben gar nichts erkennen, haben vielmehr die Mitte des Vorderrandes vollständig konvex. Das größere Tier aus der Karlsruher Sammlung zeigt dagegen eine deutliche Einbuchtung, während mehrere andere Individuen verschiedener Größe aus der Wiener Musealsammlung, darunter auch die zwei marokkanischen Exemplare, die Mitte des Vorderrandes flach oder nur unmerklich eingebuchtet zeigen. Vielleicht spielt auch dabei das größere oder geringere Alter mit eine Rolle.

Schließlich ist zu erwähnen, daß Duméril's Angabe (Histoire des poissons, I, 384) bezüglich *Sphyrna blochii* (Cuv.), daß nämlich bei den Embryonen und ganz jungen Tieren dieser Art die beiden Hammerhälften schräg nach hinten gerichtet sind und sich im Verlauf des Wachstums immer mehr gerade strecken, so daß sie schließlich fast vollkommen transversal stehen, auch für unsere Art gilt. Auch bei den sechs Embryonen aus Japan zeigt sich im Gegensatze zu den älteren Tieren eine deutliche Schiefstellung der Hammerhälften.

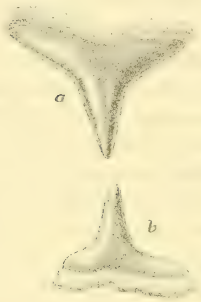
19. **Carcharias brevipinna** M. H.

Ein 908 *mm* langes Weibchen dieser Art zeigt folgende Verhältnisse: Die Kopflänge ist in der Gesamtlänge 4·78mal, die Körperhöhe 8·18mal, die Caudallänge 3·78mal enthalten; bei dem von Müller und Henle (Plagiost., p. 32) gemessenen Exemplare von ungefähr 772 *mm* Gesamtlänge beträgt letzteres Verhältnis nach Umrechnung seiner Angaben 1 : 4·06. Der Kopf ist nur im hinteren Teile hoch, nach vorne abfallend, so daß er im Schnauzenteile sehr flach wird. Die Schnauze selbst ist lang, spitz zulaufend, wie dies auch die Zeichnung Müller's und Henle's gut charakterisiert. Ihre Länge, hier wie immer vom vorderen Augenrand gemessen, ist in der Kopflänge 2·29mal enthalten und beträchtlich größer als die Mundbreite (1 : 1·32), welch letztere nahezu genau ein Drittel der Kopflänge beträgt (1 : 3·02) und in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·25mal enthalten ist. Die Nasenlöcher sind klein — ihre Länge verhält sich zum Augendurchmesser wie 1 : 1·36 — schief gestellt, in der Nähe des Seitenrandes der Schnauze und besitzen einen nur ganz rudimentären vorderen Lappen, der auf dem gegen die Körpermitte gelegenen Teile sich findet. Die Entfernung ihrer äußersten Ränder voneinander ist unbedeutend größer als die Entfernung der letzteren von der Schnauzenspitze (1 : 1·06), während die (kürzeste) Entfernung ihrer Innenränder voneinander in dieser 1·2mal enthalten ist. Die Entfernung des vorderen Nasenlochrandes von der Schnauzenspitze ist weiters in der Entfernung der letzteren vom Mundwinkel 2·32mal enthalten; er liegt somit der Schnauzenspitze viel näher als dem Mundwinkel. Dagegen ist die Entfernung des inneren Nasenlochrandes von der Mundmitte kleiner als von der Schnauzenspitze (1 : 1·56). Endlich verhält sich die Nasenlochlänge zur Entfernung des inneren Nasenlochrandes vom vorderen Augenrand wie 1 : 2·95. Das seitwärts liegende Auge ist sehr klein, sein Durchmesser in der Schnauzenlänge 5·53mal, in der Entfernung der Augen voneinander 5·2mal, in der Länge der mittleren, längsten Kiemenspalte 2·6mal enthalten. Sein Vorderrand liegt der Schnauzenspitze näher als der Hinterrand der ersten Kiemenspalte

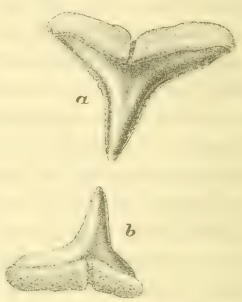
(1 : 1·18). Der Mund ist stark gebogen; diese Biegung ist spitziger, als Müller und Henle sie abbilden, d. h. die Hauptkrümmung des Bogens ist in der Mundmitte, während die erwähnte Zeichnung die Mitte etwas flacher darstellt und auf beiden Seiten davon die stärkste Krümmung zeichnet. Die Entfernung des Mundwinkels von der Mitte des Unterkiefers ist in der Mundbreite 1·19mal enthalten, ein Verhältnis, das genau dem der oberwähnten Abbildung gleicht (1 : 1·2). Die Zähne entsprechen im allgemeinen den Müller'schen Angaben; sie sind schlank, spitz, mit breiter Basis, im Ober- und Unterkiefer ähnlich gebaut — letztere nur etwas niedriger — nur an den Seiten der Kiefer ein wenig, aber deutlich schief gestellt; in der Mitte des Oberkiefers etwas kleinere Zähne mit einem kleinen Mittelzahn, im Unterkiefer bloß ein kleinerer Mittelzahn. Zu erwähnen ist außerdem noch, daß sowohl bei unserem Exemplar wie auch nach der Zeichnung des zitierten Werkes die Spitze (als solche kann doch natürlich nur der über die Basis hervorragende Teil des Zahnes bezeichnet werden, nicht die ganze Höhe desselben) stets beträchtlich kürzer ist als die Breite der Basis, nicht, wie die erwähnten Autoren schreiben, gleich dieser. Die Spitzen sind etwas schlanker, als die zitierte, ziemlich schematische Abbildung angibt, die auch die Zähne in den beiden Kieferhälften nicht ganz übereinstimmend darstellt (was Richtung der Spitzen, Breite usw. anbelangt); ihre Form entspricht bei unserem Exemplar mehr den in der rechten Kieferhälfte in dieser Abbildung dargestellten Zähnen (in der Zeichnung natürlich linke Hälfte). An dem nach dem Mundwinkel gerichteten (äußeren) Winkel zwischen Basis und Spitze konnte ich übrigens mit der Lupe mehrere ganz feine, aber deutliche Einkerbungen erkennen, wie sie die Textfig. 5 und 6 auch wiedergeben.

Es bestätigt das die von Duméril (Poissons, p. 348) in einer Fußnote zitierte Beobachtung Bleeker's, der deshalb die Art zur Untergattung *Prionodon* stellte. Duméril bestreitet allerdings die Zugehörigkeit des von Bleeker untersuchten Exemplars zu *C. brevipinna* auf Grund des Vergleiches einer Bleeker'schen Zeichnung mit Müller's Abbildung. Seine Meinung ist diesbezüglich nicht ganz von der Hand zu weisen, denn auch

die kurze Beschreibung der Art in Günther's Katalog (VIII, p. 361), der ebenfalls ein Bleeker'sches Exemplar zugrunde liegt, läßt in den für die Bestimmung charakteristischen Punkten Unterschiede von den Müller'schen Angaben erkennen. Günther gibt nämlich an, daß die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte gleich sei der des Auges von der (ersten) Kiemenöffnung. Sowohl nach der Müller'schen Abbildung als nach den Verhältnissen unseres Exemplars ist sie aber kleiner



Textfig. 5.
Zähne von *Carcharias brevipinna* von außen, 7fach vergrößert:
a) aus dem Oberkiefer,
b) aus dem Unterkiefer.



Textfig. 6.
Zähne von *Carcharias brevipinna* von innen, 7fach vergrößert:
a) aus dem Oberkiefer,
b) aus dem Unterkiefer.

(Müller 1 : 1·2, unser Exemplar 1 : 1·18). Ebenso gibt er an, daß die Länge jeder Kiemenspalte ungefähr gleich der Entfernung der ersten von der letzten sei. Auch dies entspricht nicht Müller's und Henle's Abbildung, die allerdings die Kiemenspalten auch etwas zu kurz wiedergibt, und den bei unserem Exemplar sich zeigenden Tatsachen. Denn die Kiemenspalten sind nicht gleich (wie die Angabe »Länge jeder Kiemenspalte« zu deuten wäre), sondern die mittlere ist weitaus länger als die erste und letzte und überhaupt die längste. Ihre Länge ist aber kürzer als die Entfernung von der ersten zur letzten (nach Müller's und Henle's Zeichnung 1 : 1·83, bei unserem Exemplar 1 : 1·3). Von den Kiemenspalten steht übrigens auch

die vorletzte noch über der Basis der Pectorale, nicht, wie Müller und Henle angeben, bloß die letzte.

Die erste Dorsale beginnt über dem Ende des freien inneren Randes der Pectorale, steigt steil mit gebogener Vorderkante an, hat eine runde obere Ecke, eine stark ausgebuchtete Hinterkante, deren unterer Teil mit der freien Innenkante einen sich rückwärts verlängernden Zipfel begrenzt. Ihre Höhe ist in der Basis 1·29mal enthalten, letztere in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander 2·28mal. Die zweite Dorsale ist bedeutend kleiner als die erste, niedrig gebaut, mit unmerklich konkaver, nahezu gerader Hinterkante und verlängert sich ebenfalls so wie auch die Anale in einen rückwärtigen Fortsatz. Auch ihre Vorderkante ist gerade. Ihre Länge, von der Basiswurzel bis zur hintersten Spitze gemessen, ist in der der ersten Dorsale 1·72mal enthalten, ihre Basis in der der ersten 2·61mal, in der Analbasis 1·28mal und in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander 5·94mal. Die Anale ist unbedeutend größer als die zweite Dorsale; sie steht dieser gegenüber und hat eine gebogene Vorderkante und sehr stark eingeschnittene Hinterkante; diese ist so stark eingebuchtet, daß der Winkel zwischen ihrem oberen Teile und der hinteren Verlängerung der Flosse ein spitzer ist. Die Entfernung ihres Basisendes von der Caudalwurzel ist fast gleich der des Basisendes der zweiten Dorsale von der letzteren (1 : 1·03). Sowohl die zweite Dorsale wie die Anale ist von der Caudale durch einen ziemlich großen Zwischenraum getrennt, was auch aus dem Verhältnis ihrer freien Innenkanten zur Entfernung ihres Basisendes von der Caudalwurzel ersichtlich ist. Bei der zweiten Dorsale verhalten sich diese beiden Längen wie 1 : 1·79, bei der Anale wie 1 : 1·84. Die Analbasis verhält sich schließlich zu der Entfernung dieser Flosse vom hinteren Ventralflossenende wie 1 : 1·16. Die Ventralen haben geraden Vorder- und etwas konkaven (nicht, wie Müller und Henle zeichnen, schwach konvexen) Hinterrand. Alle ihre Ecken sind gerundet. Die Caudale hat auch bei dieser Art einen so wie bei *Isuropsis glauca, Carcharias glaucus* und manchen anderen Arten gewellten oberen Rand (siehe p. 676). Es ist dies wohl eine Einrichtung zur stärkeren Versteifung

der Flosse, die bei diesen guten Schwimmern ja ganz besonders in Anspruch genommen wird. Denn zweifellos gibt diese abwechselnd nach rechts und links ausbiegende Wellung dem oberen Teile der Flosse eine größere Festigkeit und damit auch größere Kraft, gerade so wie ja auch Wellblech — an das diese Biegungen unwillkürlich erinnern — widerstandsfähiger gegen Druck ist als ebenes, ungewelltes. Die Länge des unteren Lappens dieser Flosse ist etwas weniger als $2^1/_2$mal in der des oberen enthalten (1 : 2·46). Die Pectorale ist verhältnismäßig klein, ihre Länge in der Gesamtlänge 6·93mal enthalten, hat nur an der Spitze stärker gebogene Vorder- und konkave Hinterkante mit schwach vorspringender innerer, so wie die äußere abgerundeter Ecke. Zurückgelegt, endet sie ungefähr unter der Mitte der ersten Dorsalbasis. Die Schuppenform ist die von Müller und Henle angegebene.

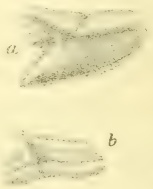
Die Rückenfarbe ist (in Alkohol) ein etwas bläuliches Grau (Taubengrau), auf dem Bauche ist das Tier gelblichweiß gefärbt. Die Rückenfärbung geht jedoch nicht in gerader Linie in die Bauchfärbung über, sondern zieht sich in parallel zueinander verlaufenden, steil schräg gestellten Streifen noch in das Gelblichweiß des unteren Seitenteils hinein (ähnlich wie die Streifen bei *Campogramma vadigo* [Risso], nur viel zahlreicher und schmäler). In der hinteren Körperhälfte geht die geschlossene graue Färbung nicht so weit nach abwärts, doch zieht sich von dem vorderen untersten grauen Teil ein Band nach rückwärts in das Gelblichweiß hinein, ähnlich wie dies die Abbildung von *Carcharias laeniatus* in Hemprich's und Ehrenberg's Symbolae physicae (Taf. IV, Fig. III) zeigt. Dieser Streifen sowohl wie die oben erwähnten schräg gestellten Bänder lösen sich rückwärts, auf der hinteren Körperhälfte in einzelne lichtgraue Punkte auf, die in der gelblichweißen Grundfarbe bis zum Bauche hinab verteilt stehen. Die Dorsalflossen, die Caudale und die obere Fläche der Pectorale und Ventrale zeigen die graue Färbung des Rückens, die letztere sowie der untere Teil der Caudale allerdings etwas lichter, die Unterseite der Pectorale und Ventrale ist weiß mit breitem, leicht schwärzlichem Rande. Auch die obere Kante der Caudale ist etwas dünkler.

20. Carcharias tjutjot Blkr.

Ein Weibchen von 325 *mm* Gesamtlänge. Die Kopflänge ist 5·08mal, die Körperhöhe 9·56mal, die Caudallänge 3·61mal in derselben enthalten. In bezug auf allgemeine Körperform, Flossengestalt und Stellung und Größenverhältnisse der einzelnen Körperteile stimmt das Exemplar vollkommen mit Day's Abbildung und Beschreibung von *C. menisorrah* Val. in Fishes of India, p. 716, Taf. 184, Fig. 1, überein. Weitere Maßverhältnisse sind folgende: Die Mundbreite ist in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·18mal, in der Kopflänge 2·13mal enthalten, der Augendurchmesser in der Interorbitalbreite 2·78mal, in der Schnauzenlänge 3·33mal, letztere in der Kopflänge 2·13mal, die Interorbitalbreite in der Schnauzenlänge 1·2mal, in der Kopflänge 2·56mal, endlich die Länge der Pectoralflosse in der Kopflänge 1·32mal. Der Mund ist stark gebogen, an den Mundwinkeln sind ganz unbedeutende Rudimente einer Lippenfalte sichtbar, wie sie ja auch Bleeker (Verhand. Bat. Genootsch. XXIV, Plagiost., Taf. I, Fig. 4) zeichnet. Ebenso sind sie auf Day's Fig. 1 *a* (op. cit., Taf. 184) ganz den Verhältnissen an unserem Exemplar entsprechend gezeichnet. Die Zähne (Textfig. 7, 8) sind sowohl im Ober- wie im Unterkiefer mit gekerbtem Rand versehen, doch sind die Einkerbungen der Unterkieferzähne im Gegensatz zu denen der Oberkieferzähne, wo sie sehr deutlich und stark ausgebildet sind, nur schwach und ganz fein, so daß sich vielleicht daraus erklären läßt, daß sowohl Bleeker als auch Day in ihren Beschreibungen die Unterkieferzähne als glattrandig angeben. Sowohl im Oberkiefer wie im Unterkiefer sind die Spitzen der Zähne — mit Ausnahme des kleineren gleichschenkeligen Mittelzahnes — stark nach der dem Mundwinkel zugekehrten Seite gewendet. Die Zähne des Oberkiefers sind breit kegelförmig, während die Spitzen der Zähne des Unterkiefers sich auf breiter Basis schmal erheben; die der Mundmitte zuliegende Kante der letzteren ist stark geschweift, die dem Mundwinkel zuliegende geht in spitzem Winkel in die Kante der Basis über. Die drei mittleren Zähne des Unterkiefers, die ebenso wie der Oberkiefermittelzahn kleiner sind als die übrigen Zähne, haben

eine starke, aufrechtstehende Mittelspitze und zu jeder Seite derselben kleinere Seitenspitzen. Sie erinnern dadurch in ihrer Gestalt an die Zähne von *Scyliorhinus*-Arten. Das Auge, mit einer groß ausgebildeten Nickhaut versehen, liegt mit seiner größeren, hinteren Hälfte über dem vorderen Teil des Mundes und ragt also mit einem Teil seiner vorderen Partie über denselben nach vorne. Die Kiemenspalten sind nicht sehr lang und ungefähr gleich weit voneinander entfernt mit Ausnahme der beiden letzten, die einander näher stehen als die übrigen. Die fünfte steht über der Pectorale. Der obere Rand der Caudale ist auch bei dieser Art nach beiden Seiten gewellt (siehe p. 676). Die Schuppen der Haut sind, besonders an den Flanken des Tieres, viel breiter als lang und mit drei oder fünf dicht nebeneinander parallel verlaufenden Kielen besetzt, die ebensovielen Aus-

Textfig. 7.
Zähne von *Carcharias tjutjot* von außen, 7fach vergrößert:
a) aus dem Oberkiefer,
b) aus dem Unterkiefer.



Textfig. 8.
Zähne von *Carcharias tjutjot* von innen, 7fach vergrößert:
a) aus dem Oberkiefer,
b) aus dem Unterkiefer.

zackungen des Schuppenrandes entsprechen. Die Gestalt der Schuppen ist im allgemeinen dem Wesen nach — also abgesehen von den Spitzen am Rande — breit oval.

Schon in der Gestalt und Skulpturierung der Schuppen zeigt sich ein auffallender, wesentlicher Unterschied dieser Art von *Carcharias menisorrah*, dessen Schuppen ja Müller und Henle in ihrem Plagiostomenwerke neben der Abbildung des ganzen Tieres, seiner Zähne und der Unterseite des Kopfes auf Taf. XVII und XIX bringen. Hier sind die Schuppen efeublattähnlich mit einem starken Mittelkiel und je einem schwächeren

Seitenkiele versehen, während bei unserer Art auch der Mittelkiel niemals bedeutendere Größe erlangt als die anderen.

Day, der im Jahre 1873 im Journal of the Linn. Soc. 11 in der Arbeit: On some new fishes of India, p. 529, unsere Form als *Carcharias malabaricus* neu beschrieben hatte, identifizierte sie dann in seinem großen, schon oben zitierten Werke über die Fische von Indien mit *C. menisorrah*. Diese Ansicht besteht jedoch nicht zu Recht, wie nebst den vorhergehenden insbesondre die folgenden charakteristischen Unterschiede zeigen. Zunächst ist die Form der Pectorale bei den beiden Arten eine ganz verschiedene. Die von *C. menisorrah* ist länger, mehr säbelförmig als die der vorliegenden Art, die kürzer, gedrungener ist. Es ist dies auch aus dem Verhältnis der freien Innenkante zur äußeren Kante der Flosse ersichtlich. Erstere ist bei unserem Exemplare 2·53mal, bei dem der Abbildung Day's zugrunde liegenden Tier — an der Abbildung gemessen — etwa 2·67mal enthalten; dem entspricht dagegen bei dem Exemplar der Abbildung des *C. menisorrah* von Müller und Henle — ebenfalls an der Abbildung gemessen, — ein Verhältnis von 1 : 3·94 und auch eine Messung der Abbildung in Ehrenberg's Symbolae physicae, Taf. VII, Fig. 1, die allerdings nach der Art der Flossendarstellung nicht ganz genau vorgenommen werden kann, ergibt ebenfalls ein Verhältnis von ungefähr 1 : 4. Ferner ist auch ein beträchtlicher Unterschied, der sich wohl nicht bloß auf individuelle Variation zurückführen läßt, in der Entfernung der beiden Dorsalen und der Anale von der Ventrale zu konstatieren. Bei unserer Art stehen diese Flossen einander viel näher als bei *C. menisorrah*, der eben eine langgestrecktere Form besitzt als *C. tjutjot*. Dieser Unterschied zeigt sich wieder sehr deutlich einerseits in dem Verhältnis der Länge der zweiten Dorsalbasis zur Entfernung der beiden Dorsalen voneinander — bei unserem Exemplar 1 : 3·63, bei der Abbildung von Day 1 : 3·47, hingegen bei der Müllerschen Abbildung 1 : 6·5, auf der Taf. VII der Symbolae physicae ungefähr 1 : 6·25 — andrerseits in dem Verhältnis der Analbasislänge zur Entfernung des Endes der Ventralbasis von der Anale, ein Verhältnis, das bei unserem Exemplar 1 : 1·27, auf der Abbildung Day's 1 : 1·22, hingegen auf Müller's

und Henle's Abbildung 1 : 2·75, auf der erwähnten Tafel der Symbolae physicae etwa 1 : 3·1 beträgt. Auch ist die Gestalt der zweiten Dorsale sowie der Anale etwas verschieden. Bei *C. menisorrah* sind die Hinterkanten dieser beiden Flossen viel stärker konkav als bei unserer Form, wo die Hinterkante der zweiten Dorsale bis auf die schwache Ausbiegung der hinteren vorgezogenen Spitze ganz gerade, die Hinterkante der Anale aber nur schwach konkav ist. Schließlich ist wohl ein gewichtiges Merkmal auch der intensive schwarze Fleck der zweiten Dorsale, der sich bei unserem Exemplar genau so verhält, wie ihn Day's mehrmals zitierte Abbildung darstellt und der weder eine Jugendfärbung sein kann, weil ihn ja auch Bleeker's über 1 *m* lange Exemplare aufweisen, noch auch Färbung eines der beiden Geschlechter, da er sowohl bei unserem Weibchen wie bei dem von Day gezeichneten Männchen sich findet.

Die vorliegende Art — also auch Day's *Carcharias malabaricus* und *menisorrah* — wurde mit Bleeker's *C. tjutjot* identifiziert, weil die Identität derselben sowohl aus der Beschreibung Bleekers (op. cit.) hervorgeht — übrigens auch dadurch, daß Day Bleeker's Art unter seine Synonymie von *C. menisorrah* aufnimmt, bestätigt wird — als auch daraus, daß Day (op. cit.) erwähnt, er habe ein Exemplar dieser Art von Bleeker erhalten, das mit den seinen insbesondre bezüglich des Besitzes des oberwähnten schwarzen Fleckes auf der zweiten Dorsale, den ja Bleeker angibt, übereinstimmt. Übrigens dürfte auch Bleeker's *C. menisorrah* (op. cit. p. 35) nichts andres sein als die vorliegende Art. Darauf weist neben der Angabe, daß auch dieser einen schwarzen Fleck auf der zweiten Dorsale besitze, auch die Zeichnung (Taf. I, Fig. 3) des Kopfes von unten, die er gibt, hin, auf welcher z. B. auch die Lippenfalten ganz rudimentär sind, während sie bei dem echten *C. menisorrah* eine bedeutendere Ausdehnung erlangen.

Wir haben es hier demnach wohl mit zwei Arten zu tun, von denen die eine — *C. menisorrah* — ihr Hauptverbreitungsgebiet im Roten Meere und dem östlichen Teile des Indischen Ozeans besitzt, während die andere — *C. tjutjot* — sich mehr im

Indischen Archipel bis hinauf in die japanischen Gewässer ausbreitet.

21. Galeus japanicus M. H.

Ein 730 *mm* langes Weibchen aus der Karlsruher Sammlung und ein 963 *mm* langes Weibchen des Wiener Museums aus Nagasaki. Sie zeigen manche von den früheren Beschreibungen abweichende Merkmale. Die wichtigsten Körperverhältnisse sind folgende: Die Kopflänge ist in der Gesamtlänge 5·84- und 5·78mal enthalten (Jordan und Fowler op. cit., p. 611, 6·13mal), die Caudallänge 4·56- und 4·84mal, die Mundbreite in der Kopflänge 2·94- und 2·56mal (Jordan und Fowler 2·8mal), in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·22- und 1·02mal. Dazu ist zu erwähnen, daß sowohl die Abbildung von Müller und Henle (Taf. 22) zeigt, daß bei dem ihnen vorliegenden Exemplare die Mundbreite größer war als diese letztere Entfernung, als auch daß die Maßangaben Jordan's und Fowler's (l. c.) ein gleiches erkennen lassen. Vielleicht ist der Unterschied in dem verschiedenen Alter der einzelnen Exemplare begründet. Ferner ist die Entfernung der Schnauzenspitze vom vorderen Nasenlochrande in der Entfernung der ersteren vom Mundwinkel 2·07- und 2·11mal enthalten, die Entfernung des hinteren Augenrandes von der ersten Kiemenspalte in der Schnauzenlänge 0·97- und 1·09mal, der Augendurchmesser in der letzteren 2·83- und 2·5mal, in der Interorbitalbreite 1·61- und 1·43mal, letztere in der Schnauzenlänge 1·76- und 1·75mal. Bezüglich der Zähne ist zu erwähnen, daß dieselben niedriger sind, als Müller's und Henle's Abbildung sie darstellen, besonders an der Seite stark schief gestellt und an der dem Mundwinkel zugekehrten Kante mit ungleich großen Einkerbungen versehen, von denen die oberste, an zwei Zähnen des Oberkiefers untersucht, die am stärksten entwickelte ist. Die Nasenklappe ist besonders bei dem Karlsruher Exemplar nicht so stark abgerundet, wie dies Müller und Henle angeben und auch zeichnen. Es unterliegt eben dieses Merkmal so wie andere bei dieser Art, die nach allem, was sich an den beiden vorliegenden Exemplaren und den bisherigen Beschreibungen zeigt, ziemlich stark variirt,

auch einigermaßen der individuellen Abänderung. Dies ist auch bei der Stellung und den Proportionen der einzelnen Flossen stark sichtbar. Insbesondere ist die Entfernung der zweiten Dorsale und der Anale von der Caudalwurzel ziemlich schwankend. So verhält sich z. B. die Länge des freien Innenrandes der zweiten Dorsale zur Entfernung derselben von der Caudalwurzel bei dem Karlsruher Exemplar wie 1 : 4·09, bei dem Wiener Exemplar wie 1 : 3·28, die Länge der Analinnenkante zur Entfernung dieser Flosse von der Caudalwurzel bei dem ersteren wie 1 : 4·3, bei dem letzteren wie 1 : 2·58. Die zweite Dorsale ist nur wenig kleiner als die erste — es ist dies ja das entscheidende Merkmal für die Trennung von *Galeus canis* Rondel., alle anderen sind, soviel die Durchsicht einiger Vergleichsexemplare zeigte, weniger deutlich — ihre Basis ist in der der ersten Dorsale 1·13- und 1·1 mal enthalten, in der Entfernung der beiden Flossen voneinander 2·67- und 2·1 mal, während die erste Dorsalbasis sich zu dieser Entfernung wie 1 : 2·36 und 1 : 1·91 verhält. Die Analbasis ist bedeutend kürzer als die Basis der zweiten Dorsale (1 : 1·6 und 1 : 1·75).

Müller und Henle (l. c.), sowie nach ihnen Duméril (Poiss., p. 391) geben an, daß die Distanz des unteren Lappens vom Einschnitt bei dieser Art größer sei als die Entfernung des Einschnittes von der äußeren Caudalspitze; im Gegensatze zu *Galeus canis*, wo die erstere Entfernung viel kürzer ist. Unsere beiden Exemplare zeigen jedoch diese Verhältnisse nicht, sondern auch bei ihnen ist wie bei *G. canis* die erstere Entfernung (vom Winkel zwischen den beiden Caudallappen zum innersten Punkte des Einschnittes gemessen) kleiner als die letztere; das betreffende Verhältnis ist 1 : 1·46 und 1 : 1·32. Offenbar ist auch dieses Merkmal sehr stark der Variation unterworfen, so daß es zur Charakterisierung der Art nicht aufrecht erhalten werden kann. Mit Ausnahme des oben erwähnten Unterschiedes in der Größe der zweiten Dorsale sind also alle übrigen Unterscheidungsmerkmale der beiden *Galeus*-Arten nicht genügend konstant oder zu unbedeutend, um zur Trennung verwendet werden zu können, und die beiden Arten

zeigen demnach viel mehr Ähnlichkeit und Verwandtschaft, als bisher angegeben wurde.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß Müller und Henle die Art *japanicus* nennen und nicht, wie die späteren Autoren schreiben und zitieren, *japonicus*.

22. **Triakis scyllium** M. H.

Ein junges Männchen von 569 *mm* aus der Karlsruher, zwei Weibchen von 407 und 461 *mm* aus der Berliner und ein Weibchen von 552 *mm* Gesamtlänge aus der Wiener Sammlung.

Die Kopflänge ist 6·14- bis 6·56mal (Jordan und Fowler, op. cit. p. 609, 6·4mal), die Caudallänge 3·89- bis 4·38mal (Jordan und Fowler, 4·25mal), die Körperhöhe 7·31- bis 9·25mal (Jordan und Fowler, 8·67mal) in der Gesamtlänge enthalten, ferner die Schnauzenlänge in der Kopflänge 2·14- bis 2·42mal (Jordan und Fowler 2·5mal), der Augendurchmesser 2·5- bis 2·92mal, die Interorbitalbreite 1·21- bis 1·52mal in der Schnauzenlänge, letztere in der Entfernung des hinteren Augenrandes 0·97- bis 1·11mal; das Auge liegt also so ziemlich in der Mitte zwischen Schnauzenspitze und erster Kiemenspalte. Die Mundbreite ist meist etwas größer als die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte, letztere verhält sich zu ihr wie 1 : 0·98 bis 1·14. Die Entfernung der Schnauzenspitze vom vorderen Nasenlochrande ist weiters in der Entfernung der ersteren vom Mundwinkel 1·71- bis 2·06mal enthalten. Dabei ist zu erwähnen, daß die beiden größeren Exemplare die kleineren Verhältniszahlen aufweisen (das 569 *mm* lange 1·71, das 552 *mm* lange 1·73), während von den beiden kleineren Tieren das 461 *mm* lange ein Verhältnis von 1 : 1·9, das kleinste das Verhältnis 1 : 2·06 zeigt. Dies ist vielleicht durch ein relativ schnelleres Wachstum des vor den Nasenlöchern liegenden Schnauzenteiles zu erklären, so daß bei größeren Tieren die Nasenlöcher dem Munde etwas näher sind als bei jungen.

Die Basis der ersten Dorsale ist ferner in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander 1·34- bis 1·73mal enthalten, die Basis der zweiten Dorsale in der letzteren Entfernung 1·41-

bis 1·77mal, die Analbasis in der zweiten Dorsalbasis 1·18- bis 1·4mal; auch hier wird das Verhältnis ein kleineres bei den größeren Tieren (beim kleinsten 1·4mal, beim 461 *mm* langen 1·31, beim 552 *mm* messenden 1·21mal und beim größten 1·18mal). Die freie Innenkante der zweiten Dorsale ist in der Entfernung der Basis dieser Flosse von der Caudalwurzel 2·58- bis 3mal, die freie Innenkante der Anale in der Entfernung der Analbasis von der Caudalwurzel 1·76- bis 2·38mal enthalten; diese letzteren Verhältnisse unterliegen also sichtlich einer sehr bedeutenden Variation. Die Pectorale ist ein wenig kürzer als die Kopflänge (1 : 1·02 bis 1·22).

Die Art variiert in der Farbe sehr stark; allen Exemplaren gemeinsam sind die unregelmäßig verstreuten dunklen charakteristischen Punkte, sonst aber schwankt die Grundfarbe bei unseren Exemplaren zwischen einem in die Ockerfarbe hinüberspielenden Braun, Graubraun und dunklem Rauchgrau. Auch sind die von Jordan und Fowler, op. cit., zitierten unbestimmten breiten, schwärzlichen Bänder nicht bei allen Exemplaren vorhanden (auch Müller und Henle erwähnen dieselben nicht). Von den untersuchten Tieren fehlen sie dem Karlsruher Exemplar, bei dem Wiener und dem größeren Berliner Exemplar sind sie ganz verschwommen, aber deutlich erkennbar, während das kleinere Berliner Exemplar sie scharf ausgeprägt hervortreten läßt.

23. **Mustelus mustelus** (Risso).

Zwei Männchen von 476 und 889 *mm* und vier Weibchen von 746 bis 876 *mm* Gesamtlänge, die von verschiedenen Fundorten in Japan (Fusan, Tokio, Nagasaki) herstammen, wurden untersucht und mit zwei Männchen von 571 und 646 *mm* und einem Weibchen von 542 *mm* aus Triest verglichen. Außerdem wurden noch drei männliche Exemplare von der atlantischen Küste von Marokko von 691 bis 752 *mm* Gesamtlänge in einigen Punkten zum Vergleiche benutzt. Alle diese Exemplare, die allerdings untereinander bald mehr, bald weniger variieren, zeigen in jeder Hinsicht, soweit die Untersuchung erkennen ließ, derartige Übereinstimmung, daß eine Trennung der europäischen von den japanischen Exemplaren

in zwei Arten in der Weise, wie es seit Bleeker bisher meist geschah, als nicht zutreffend erscheint. Nach Bleeker's Originalbeschreibung (Nieuwe Nalez., Ichth. Jap., p. 126) unterscheidet sich der japanische *Mustelus manazo* von der europäischen Art hauptsächlich dadurch, daß die Länge der zweiten Dorsalbasis in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander 3mal enthalten sein soll, während diese Entfernung bei dem europäischen *M. mustelus* nur 2mal länger als die zweite Dorsalbasis ist. Schon Duméril (Poissons, p. 403) erwähnt, daß dieses Verhältnis bei letzterer Art keineswegs immer konstant sei, und auch Lunel gibt (Mélanges ichthyologiques in: Mém. soc. phys. Genève, XXVII, 1881, p. 284) an, daß bei den von ihm untersuchten Exemplaren dieser Art sowie bei *M. laevis* die zweite Dorsalbasis in der Entfernung beider Dorsalen etwas weniger als 2- bis $3^1/_2$mal enthalten sei. Andrerseits konnte ich bei den sechs mir vorliegenden japanischen Tieren ebenfalls ziemlich große Schwankungen diesbezüglich feststellen, von 1 : 1·82 (!) bis 1 : 2·31; bei keinem derselben findet sich aber auffallenderweise das von Bleeker angegebene und auch auf der Schlegel'schen Tafel von *M. vulgaris* (pl. 134) in der Fauna japonica ersichtliche Verhältnis von 1 : 3. Es ist deshalb nach Bleeker's Beschreibung eine Trennung der in den beiden Meeren lebenden Formen in zwei Arten nicht möglich. Die in Günther's Katalog (VIII, p. 387) gegebene Diagnose der japanischen Art unterscheidet sich von der von *M. vulgaris* (p. 386) dadurch, daß bei ersterer Art angegeben wird: Präoraler Schnauzenteil etwas länger als die Entfernung zwischen den Mundwinkeln, ferner Beginn der ersten Dorsale über dem inneren hinteren Pectoralwinkel, bei letzterer Art dagegen die beiden Entfernungen (Schnauze und Mundbreite) gleich, Beginn der ersten Dorsale ungefähr gegenüber der Mitte des Innenrandes der Pectorale. Was den ersteren Unterschied betrifft, so konnte ich auch hier finden, daß er tatsächlich nicht besteht; bei den japanischen Exemplaren ist nämlich die Mundbreite in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·06- bis 1·31mal, bei den europäischen Tieren 1·1- bis 1·29mal enthalten. Bezüglich des zweiten von Günther angeführten Unterschiedes zeigte sich

wohl, daß bei unseren japanischen Tieren in der Regel der Beginn der Dorsale etwas weiter hinten steht als bei den europäischen, doch finden sich auch Exemplare, die diese Verschiedenheit von den europäischen nicht oder nur sehr geringfügig aufweisen, so daß also diesbezüglich Übergänge zu konstatieren sind, die zeigen, daß dieses Merkmal, das ohnehin nicht sehr hervortritt, nicht so konstant ist, daß es eine Trennung in zwei Arten rechtfertigen würde. Auch die Form der Schnauze kann zur Unterscheidung nicht herangezogen werden. Denn wenn auch manche Exemplare aus Japan eine etwas spitzere Schnauze besitzen, so finden sich doch auch wieder andere, insbesondere das eine Exemplar aus der Karlsruher Sammlung, die eine ebenso abgerundete Schnauze zeigen wie die europäischen Tiere. Ferner läßt sich in den übrigen Körperverhältnissen, die im folgenden angeführt werden, wobei die entsprechenden Verhältnisse der europäischen Tiere in Klammern beigefügt sind, ebensowenig ein Unterschied feststellen wie bei der Färbung oder bei der Hautbedeckung, die ganz genau dieselbe Skulpturierung der Schuppen bei Exemplaren aus beiden Gebieten erkennen läßt.

Die Kopflänge ist 6·17- bis 6·68mal (5·96- bis 6·33mal, marokkanische Exemplare 5·65- bis 6·55mal), die Körperhöhe 9·36- bis 11·16mal (9·03- bis 12·98mal), die Caudallänge 4·52- bis 5·06mal (4·37- bis 4·89mal) in der Gesamtlänge enthalten, ferner die Pectorallänge 0·85- bis 1·32mal (1·07- bis 1·12mal), die Schnauzenlänge 2·18- bis 2·33mal (2·25- bis 2·45mal) in der Kopflänge, die Länge des Augendurchmessers 2·03- bis 2·8mal (1·85- bis 2·05mal), die Interorbitalbreite 1·6- bis 2·31mal (1·58- bis 1·8mal), die Entfernung des hinteren Augenrandes von der ersten Kiemenspalte 1·04- bis 1·26mal (1·04- bis 1·23mal) in der Schnauzenlänge, die Entfernung der Schnauzenspitze vom vorderen Nasenlochrand in der Entfernung der ersteren vom Mundwinkel 1·97- bis 2·19mal (1·96- bis 2·15mal), die Länge der ersten Dorsalbasis in der Entfernung der beiden Dorsalen voneinander 1·6- bis 2·05mal (1·65- bis 2·29mal), die Länge der Analbasis in der der zweiten Dorsalbasis 1·23- bis 1·76mal (1·39- bis 1·63mal), die Länge der Innenkante der zweiten Dorsale in der Entfernung

dieser Flosse von der Caudale 3·41- bis 4·56mal (3·62- bis 4mal), endlich die Länge der Innenkante der Anale in der Entfernung dieser Flosse von der Caudale 2·45- bis 3·61mal (2·91- bis 2·95mal).

Fünf von den japanischen Exemplaren zeigen die charakteristischen weißen Flecke, die ja auch bei den europäischen Tieren dieser Art meist vorhanden sind, sehr deutlich, das sechste sowie ein anderes ohne Fundortsangabe, das aber jedenfalls auch aus einer älteren größeren japanischen Sammlung des Wiener Museums stammen dürfte, sind einförmig graubraun. Diese beiden Exemplare, die vollständig der von Day in seinem Werke Fishes of India, Taf. 186, Fig. 3, gegebenen Abbildung von *Mustelus manazo* gleichen, haben auch eine etwas anders geformte Caudale. Der Endabschnitt des oberen Caudallappens, der am Rande ein wenig dunkler gefärbt ist, ist etwas schmäler und länger als bei den weißgefleckten Tieren, ferner ist der untere Caudallappen deutlich abgesetzt und seine hintere Kante schließt mit der Unterkante des oberen Caudallappens einen spitzen Winkel ein, während bei den anderen Tieren der untere Caudallappen nur wenig, wenn auch immer deutlich erkennbar hervortritt und in seiner hinteren Begrenzung nur durch eine mehr oder weniger starke Konkavität mit der Unterkante des oberen Caudallappens sich verbindet. Es ist möglich, daß wir es hier mit einer von *M. mustelus* differenzierten Form zu tun haben, die dann vielleicht mit Bleeker's *M. manazo* zu identifizieren wäre, der ja auch bezüglich der Farbe nur ein einfarbiges Grünlich- oder Rötlichgrau angibt, ohne, wie später z. B. Günther in seinem Katalog (VIII, p. 387), weiße Punkte zu erwähnen, doch wäre zu einer Entscheidung diesbezüglich noch reichhaltigeres Vergleichsmaterial notwendig.

Was den Namen der Art betrifft, so kommt weder der von Müller und Henle eingeführte Name *Mustelus vulgaris* in Betracht noch auch der von Mitchill 1815 aufgestellte Artname *M. canis*, den Jordan und Evermann im ersten Band der Fishes of North and Middle America (p. 29) wieder einführen, sondern es ist Risso's Name aus der Ichthyologie de Nice 1810, p. 33, nämlich *Squalus mustelus*, maßgebend.

Die Annahme, daß in dieser Arbeit beide europäischen *Mustelus* — *M. mustelus* und *M. laevis* — konfundiert seien, erscheint deshalb nicht berechtigt, weil derselbe Autor in seiner 1826 erschienenen Histoire Nat. Eur. Mérid., III, p. 126, in der er diese beiden Arten voneinander trennt, den in der ersten Arbeit gebrauchten Artnamen *mustelus* ausdrücklich nur als synonym für die eine der beiden Spezies, nämlich *M. stellatus*, der, wie aus der Beschreibung ersichtlich, unbestreitbar unserem *M. mustelus* entspricht, anführt, während er doch sonst wohl bei beiden Arten den Namen unter Hinzufügung des gebräuchlichen »partim« zitiert hätte. Außerdem gleicht die Beschreibung in ersterem Werke nahezu vollkommen der von *M. stellatus*.

24. **Mustelus griseus** Pietschm.

Anz. k. Akad. d. Wiss., Wien 1908, Nr. X, p. 1.

Ein junges Männchen von 633 *mm* Gesamtlänge. Der Körper ist schlank und erreicht seine größte Höhe, die in der Gesamtlänge 10·73mal enthalten ist, zu Beginn der ersten Dorsale. Nach vorn fällt er ziemlich stark zum Kopfe ab, dessen Länge sich zur Totallänge wie 1 : 6·21 verhält und der etwas sanfter zur Schnauzenspitze sich abdacht; die Schnauze ist spitz, der Mund stark gebogen, seine Breite in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte 1·31mal enthalten. Der Oberkiefer verläuft in einfachem Bogen, an den Seiten weniger, in der Mitte stark gekrümmt, während jede Unterkieferhälfte einen geschweiften Bogen bildet: am Mundwinkel konvex beginnend, in der Mitte ihres Verlaufes sanft konkav und bei der Symphyse wieder konvex. Die Zähne sind mit einer stumpfen Spitze versehen, die bei den den inneren Zahnreihen angehörigen noch weniger abgenutzten Zähnen stärker hervortritt; im Oberkiefer besitzen diese in den inneren Reihen stehenden Zähne manchmal außerdem noch auf der gegen den Mundwinkel zu gerichteten Seite eine kleine seitliche Spitze oder wenigstens eine Vorwulstung des Randes, ähnlich wie die Zähne von *M. mustelus*.

An der Basis sind alle Oberkieferzähne sehr deutlich gerippt, die Mittelzähne sind etwas kleiner als die in den seitlichen

Reihen stehenden. Die Riefung der Unterkieferzähne ist weniger deutlich und die einzelnen kleinen Rippen reichen auch viel weniger weit am Zahn in die Höhe, sondern erstrecken sich nur auf den untersten Teil der Basis. In der Mitte des Unterkiefers bilden drei Reihen von Zähnen, die über die Reihen der anderen sich vorwölben, einen dem großen Bogen der Zahnreihen aufgesetzten kleinen, sehr charakteristischen Wulst; die Zähne dieses Mittelwulstes, insbesondere die der mittleren Reihe, sind mit stärker hervortretender Spitze versehen als die übrigen und, wie überhaupt die Unterkieferzähne, etwas größer als die ihnen gegenüberstehenden Zähne des Oberkiefers. Die Lippenfalten sind beide sehr kurz, die der Oberlippe endigt ungefähr in gleicher Höhe wie die der Unterlippe, die erstere ist 3·43mal in der Länge einer Oberkieferhälfte, die letztere 3·2mal in der einer Unterkieferhälfte enthalten. Die Nasenlöcher sind breit und geräumig, die äußeren Nasenlappen mit einfachem Rand ohne Einkerbung, rund. Die Breite eines Nasenloches ist in der kürzesten Entfernung der beiden Nasenlöcher voneinander 1·55mal enthalten, die Entfernung der Schnauzenspitze vom Nasenlochvorderrande in der Entfernung der ersteren vom Mundwinkel 1·97mal. Die Augen sind verhältnismäßig klein, ihr größter Durchmesser ist in der Schnauzenlänge 2·91mal enthalten, während die Interorbitalbreite sich zu dieser letzteren wie 1 : 2·16 verhält. Der hintere Augenrand liegt nahezu senkrecht über dem Mundwinkel (nur ein wenig vor demselben). Die Augen stehen der ersten Kiemenspalte näher als der Schnauzenspitze; die Entfernung des hinteren Augenrandes von der ersten Kiemenspalte ist nämlich in der Schnauzenlänge 1·22mal enthalten; die letztere verhält sich zur gesamten Kopflänge wie 1 : 2·13. Die Spritzlöcher sind klein, oval und stehen nahe hinter dem Auge, ein wenig tiefer als die Mittellinie desselben von vorn nach hinten. Die ersten vier Kiemenspalten sind nahezu gleich lang, die fünfte ist kürzer, in der Länge der vierten 1·36mal enthalten; ihre Entfernungen voneinander nehmen bei den weiter hinten stehenden immer mehr ab, so daß die erste und zweite am weitesten voneinander entfernt sind, während die vorletzte und letzte einander am nächsten stehen. Die letzteren stehen

über der Pectorale. Diese ist verhältnismäßig kurz, ihre Länge in der Kopflänge 1·31mal enthalten, während ihre größte Breite sich zu der ersteren wie 1 : 1·44 verhält. Die Außenkante ist so wie die Innenkante konvex gekrümmt (erstere etwas mehr), die Hinterkante konkav, die Ecken alle abgerundet. Die Ventrale besitzt eine nahezu gerade, nur gegen den hinteren Winkel ganz schwach konvexe Außenkante und schwach konkave Innen- und Hinterkante. Ihr hinterer innerer Winkel ist spitz und ganz wenig ausgezogen. Die erste Dorsale beginnt über dem freien Innenrand der Pectorale, etwas vor dem Hinterende desselben, steigt mit nahezu gerader, erst gegen die Spitze zu stärker konvexer Vorderkante im Winkel von ungefähr 45° an, hat eine mit der Innenkante zu einer hinteren Spitze sich ausziehende Hinterkante und ist beträchtlich größer als die in der Gestalt ihr ähnliche, nur unbedeutend weniger steil ansteigende zweite Dorsale. Ihre Basis ist in der Entfernung der beiden Flossen voneinander 1·48mal enthalten, während sich die zweite Dorsalbasis zu dieser Entfernung wie 1 : 1·88 verhält. Die Anale ist niedrig, viel kleiner als die zweite Dorsale, deren Basisende ungefähr über dem Ende des zweiten Drittels der Analbasis sich befindet; diese ist 1·49mal in der zweiten Dorsalbasis enthalten. Auch die Vorderkante der Anale verläuft nahezu gerade, die konkave Hinterkante schließt wieder mit der Innenkante eine vorgezogene Spitze ein. Die Länge der freien Innenkante der zweiten Dorsale verhält sich zur Entfernung des Basisendes dieser Flosse von der Caudalwurzel wie 1 : 4·77, die Länge der freien Innenkante der Anale zur Entfernung des Analbasisendes von der Caudalwurzel wie 1 : 3·67. Die Caudale, deren Länge in der Gesamtlänge 4·52mal enthalten ist, ist langgestreckt und niedrig, der hintere Abschnitt des oberen Dorsallappens viel kleiner und mit bedeutend weniger steil gegen unten abfallendem Vorderrande wie bei *Mustelus mustelus*. Die Vorderkante dieses Abschnittes fällt vielmehr hier sehr sanft schräg nach hinten ab; dadurch wird ebenfalls eine mehr gestreckte niedrige Form desselben bewirkt. Der untere Caudallappen ist wie bei *M. mustelus* nur sehr wenig entwickelt.

Die Haut des Tieres ist am Rücken und an den Seiten mit kleinen stark gekielten Schuppen bedeckt, die etwas weniger steil von der Haut abstehen als bei *M. mustelus*. Die Kielung dieser Schuppen in der oberen Hälfte des Körpers ist der der eben erwähnten Art sehr ähnlich. Es finden sich stets zwei — nicht drei, wie in der zitierten vorläufigen Beschreibung irrtümlicherweise steht — starke, gegen die Spitze der Schuppe konvergierende Mittelkiele, während die Seitenkiele meist bedeutend schwächer sind und oft ganz rudimentär werden. Im unteren Teile der Flanken gegen den Bauch zu werden in der vorderen Körperhälfte die Schuppen etwas breiter, besonders in dem über der Pectorale liegenden Körperabschnitt, so daß die Spitze weniger steil hervortritt; außerdem sind auf diesen Schuppen auch die beiden seitlichen Kiele, zu denen dann oft noch jederseits ein weiterer Kiel hinzukommt, viel stärker entwickelt, so daß sie manchmal sogar über den Rand der Schuppe mit einer ganz kleinen Spitze vorspringen. Auf dem Bauche selbst liegen die Schuppen der Haut dicht an. Die Kiele werden gegen die Mittellinie des Bauches zu immer kleiner, insbesondere verschwinden zuerst die Seitenkiele und auch die Mittelkiele reichen nicht bis zum Rande hin, sondern erstrecken sich ähnlich wie auf den Rücken- und Seitenschuppen von *M. laevis* bloß bis etwa gegen die Mitte der Schuppe oder nicht einmal so weit. In der Mitte des Bauches sind die Schuppen im vorderen Teile des Körpers bis zur Ventrale ganz glatt, doch finden sich auch hier unter den ganz glatten Schuppen solche, die mehr oder weniger deutliche Rudimente der Kielung zeigen. Die Schuppen der Schnauzenspitze sind ebenfalls ganz ungekielt und haben rundlich begrenzte Form.

Die Farbe des Körpers ist auf dem Rücken und an den Seiten ein einförmiges Grau, das gegen den Bauch zu in ein lichtes Braungelb (licht-neapelgelb) übergeht. Das äußerste Ende des oberen Caudallappens ist schwärzlich gefärbt. Die Art unterscheidet sich von dem ebenfalls in diesen Meeren vorkommenden *M. mustelus*, der ihr auch am nächsten steht, insbesondere durch die oben erwähnte Vorwulstung der mittleren Zahnreihen des Unterkiefers, ferner durch die mehr

gestreckte, niedrige Form der Caudale, insbesondere des hinteren Abschnittes des oberen Caudallappens.

Eine kurze Synopsis der beiden Arten hätte zu lauten:

1. Zähne des Unterkiefers einen einfachen, ununterbrochenen Bogen bildend. Obere Lippenfalte beträchtlich weiter nach vorne reichend als die untere, hinterer Caudalabschnitt groß und hoch ..... *M. mustelus* (Risso).

2. Die mittleren Zahnreihen des Unterkiefers bilden einen kleinen, über den großen Bogen der übrigen Zahnreihen vorspringenden Wulst. Obere Lippenfalte gleich weit vorne endigend wie die untere, beide kurz. Hinterer Caudalabschnitt langgestreckt, niedrig ..... *M. griseus* mihi.

25. **Chiloscyllium indicum** (Gmelin).

Ein Weibchen von 666 *mm* Gesamtlänge aus dem Berliner Museum. Die Kopflänge ist in der Totallänge 7·24mal enthalten (Jordan und Fowler, op. cit., 8mal), die Körperhöhe 8·54mal. Jordan und Fowler geben dafür 13mal an; man ersieht daraus aufs neue zur Genüge, daß die relative Körperhöhe meistens sehr beträchtlich variiert, was ja auch mit dem größeren oder geringeren Leibesinhalt — das vorliegende Exemplar hat z. B. vollkommen gefüllten Magen — abgesehen von Geschlechtsunterschieden, in Zusammenhang steht. Weitere Maße sind folgende: Die Caudallänge ist in der Gesamtlänge 5·28mal enthalten, ferner die Mundbreite 3·68mal, die Pectorallänge 1·11mal, die Schnauzenlänge 2·02mal (Jordan und Fowler 2·5mal) in der Kopflänge, weiter der Augendurchmesser 3·79, die Interorbitalbreite 1·98mal in der Schnauzenlänge, die Mundbreite 1·12mal in der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte. Die Entfernung des Augenhinterrandes von der ersten Kiemenspalte ist in der Schnauzenlänge 1·05mal enthalten, d. h. das Auge liegt fast in der Mitte. Ferner ist die Entfernung der Pectoralwurzel nahezu genau in der Mitte zwischen Schnauzenspitze und Beginn der Ventralbasis, von ersterer unbedeutend weiter entfernt (Verhältnis der beiden Entfernungen 1 : 1·02), es ist daher Jordan's und Fowler's Angabe, daß sie der Schnauzenspitze näher sei als der Ventralwurzel, nicht immer zutreffend. Auch die Angabe der beiden

Autoren, daß die Entfernung der beiden Dorsalen ungefähr der Kopflänge gleiche, stimmt nicht mit den Verhältnissen unseres Tieres, bei dem die erstere in der letzteren 1·42mal enthalten ist, also nur etwas über zwei Drittel der Kopflänge beträgt. Ebenso trifft Duméril's Angabe (Poissons, Elasmobr., p. 329), daß die Entfernung der Dorsalen der Länge der ersten Dorsalbasis gleich sei, bei dem vorliegenden Exemplar nicht zu, vielmehr ist die letztere in der ersteren 1·3mal enthalten.

Der Hinterrand der Dorsalen, besonders der ersten, ist nur sehr schwach konvex, bedeutend schwächer, als ihn Jordan und Fowler zeichnen, so daß Müller's und Henle's Angabe (Syst. Plagiost., p. 18), daß der hintere Winkel beider Dorsalen ein rechter sei, vollkommen mit unserem Exemplar übereinstimmt.

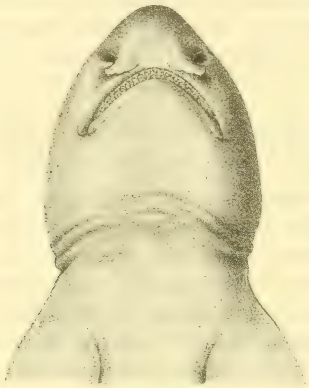
26. **Scyliorhinus rudis** Pietschmann.

Anz. k. Akad. Wiss. Wien, 1908, X, p. 2.

Fünf Männchen von 359 bis 423 *mm* Gesamtlänge, von denen das größte bereits vollkommen geschlechtsreif ist (mit völlig entwickelten Klammerorganen) und ein Weibchen von 346 *mm* Totallänge. Der Körper ist schlank, seine größte Höhe, unmittelbar hinter dem Kopfe, in der Gesamtlänge 9·54- bis 10·65mal enthalten, der Kopf, dessen Länge sich zur Totalen wie 1 : 6·65 bis 7·71 verhält, niedergedrückt, mit rundlicher, vorne stumpf abgestutzter Schnauze. Seine größte Breite ungefähr in der Mitte zwischen Spritzloch und Kiemenspalte, die die breiteste Stelle des ganzen Tieres überhaupt ist, ist etwas kleiner als seine Länge, zu der sie sich wie 1 : 1·05 bis 1·13 verhält. Das obere Profil des Kopfes fällt in ziemlich gerader Linie, die nur über der hinteren Augenhälfte und über der Schnauze schwach eingebuchtet ist, zur Schnauzenspitze ab.

Der Mund ist breit, sanft gebogen, die Höhe des Bogens, den der Unterkiefer beschreibt, 2·43- bis 2·6mal in der Mundbreite enthalten, die Lippenfalte der Oberlippe rudimentär, die der Unterlippe ganz kurz. (Textfig. 9.) Die Zähne beider Kiefer besitzen eine starke, weit vorragende Mittelspitze und zu jeder Seite derselben zwei kleinere Seitenspitzen. Die äußere derselben ist bei den Zähnen des Oberkiefers meist nicht so stark ausgebildet

wie bei denen des Unterkiefers, sondern oft sehr unansehnlich und insbesondere bei den Zähnen der äußersten Zahnreihen in vielen Fällen verschwindend klein. Die Zähne sind an der Basis bis zum Ansatze der Mittelspitze hinauf mit einer deutlichen parallelen Riefung versehen. Der vor dem Munde gelegene Kopfteil ist kurz, die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte in der Mundbreite 1·71- bis 2·18mal enthalten. Die Nasenlöcher sind geräumig und durch breite äußere Nasalklappen bedeckt, deren hinterer, dem Munde zugekehrter Rand



Textfig. 9.

Kopf von *Scyliorhinus rudis* von unten, $^2/_3$ nat. Größe.

sanft, aber deutlich gewellt ist und die durch einen Zwischenraum, der bedeutend kleiner ist als die Breite einer Nasalklappe (Verhältnis 1 : 1·2 bis 1·75) voneinander getrennt werden. In der Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte ist diese kleinste Distanz der Nasalklappen voneinander 2·15- bis 3mal enthalten; ferner verhält sich die Entfernung der Schnauzenspitze vom Nasenlochvorderrand zur Entfernung der ersteren vom Mundwinkel bei fünf Exemplaren wie 1 : 1·88 bis 2·21, beim sechsten, einem jungen Männchen von 370 *mm* Gesamtlänge, das eine außergewöhnlich kurze, stark ab-

gerundete Schnauze besitzt, die vorne ganz breit und stumpf ist, wie 1 : 1·59. Die Augenspalte ist eng, aber verhältnismäßig lang, die Länge des Augendurchmessers (von vorne nach hinten) in der Schnauzenlänge 1·63- bis 1·91mal enthalten, während sich die Interorbitalbreite zu der letzteren wie 1 : 1·91 bis 2·5 verhält. Das Auge liegt bei einem Exemplar der ersten Kiemenspalte näher als der Schnauzenspitze, bei einem anderen genau in der Mitte zwischen beiden, sonst aber stets näher der Schnauzenspitze als der ersten Kiemenspalte. Das Verhältnis der Schnauzenlänge zur Entfernung des hinteren Augenrandes von der ersten Kiemenspalte ist daher 1 : 0·95 bis 1·28. In der Kopflänge ist die Schnauzenlänge 2·13- bis 2·43mal enthalten. Das ovale Spritzloch liegt dem Auge sehr nahe und nur unbedeutend tiefer als dieses. Die Kiemenspalten sind klein und nehmen nach hinten an Länge ab, besonders die letzte, über der Pectoralbasis stehende ist beträchtlich kürzer als die übrigen; die vierte steht gerade über der Pectoralwurzel. Die gegenseitigen Abstände sind zwischen allen nahezu gleich.

Die erste Dorsale ist länger und höher als die zweite, die letztere steigt etwas weniger steil an als die erstere und der Bogen, durch den ihre Vorderkante in die Hinterkante übergeht, ist flacher als der der ersten Dorsale. Die Basislänge der zweiten Rückenflosse ist in der ersten 1·26- bis 1·5mal enthalten, in der Entfernung der beiden Flossen voneinander 1·7- bis 2·22mal, während die erste Dorsalbasis sich zu dieser letzteren Entfernung wie 1 : 1·21 bis 1·67 verhält. Die Anale ist größer als die zweite Dorsale, deren Basis sich zu der ihren wie 1 : 1·5 bis 1·62 (in einem Falle wie 1 : 1·25) verhält; ihre Gestalt gleicht der von *Scyliorhinus retifer* Garman (siehe Abbildung in Goode und Bean: Oceanic Ichthyol., Taf. IV, Fig. 14, 15, in Smithsonian Contributions to knowledge 1895, XXX), doch ist die Ecke zwischen Vorder- und Hinterkante bei unserer Art ein wenig mehr abgerundet. Die Caudale, die ganz allmählich aus dem Schwanzstiele des Körpers entspringt, ist langgestreckt, mit deutlichem, gut ausgebildetem Endabschnitt des oberen Lappens, während der untere Lappen nur durch eine nahezu unmerkliche Krümmung der Unterkante des Oberlappens schwach angedeutet erscheint. Auch die Gestalt dieser Flosse

ähnelt der von *Sc. retifer* in dem zitierten Werke (siehe oben) gegebenen.[1]

Die Länge der Caudale ist in der Gesamtlänge 3·84- bis 4·34mal enthalten. Die erste Dorsale inseriert über dem Ende der Ventralbasis oder unbedeutend hinter demselben, die zweite Dorsale vor dem Ende der Analbasis, über dem letzten Drittel derselben. Die Pectoralen sind gut entwickelt, breit, mit abgerundeten Ecken; ebenso sind die Ventralen ziemlich stark ausgebildet. Dieselben zeigen bei den beiden Geschlechtern verschiedene Gestalt. Schon bei den jungen Männchen sind ihre Hinterkanten bedeutend stärker ausgezogen als bei dem Weibchen, wo sie mit der Innenkante einen viel weniger spitzen Winkel bilden als bei den ersteren. Vollständig umgeformt erscheint dagegen die Gestalt dieser Flossen bei dem erwachsenen Männchen. (Textfig. 10.) Die Klammerorgane desselben sind sehr stark entwickelt, so daß sie sogar ein wenig über den Beginn der Analbasis nach hinten reichen; sie sind dünn-zylindrisch, gegen die Spitze zu allmählich etwas an Umfang abnehmend, diese selbst spitzt sich unregelmäßig rundlich zu. Zugleich mit den Klammerorganen nun haben sich auch die Ventralen, und zwar der hintere freie Teil derselben weiter entwickelt und so stark vergrößert, daß auch die hinteren rundlichen Ecken der beiden bis auf eine kleine hintere Einkerbung miteinander verwachsenen Bauchflossen die Wurzel der Analbasis erreichen. Dieser hintere Ventralteil umgibt dütenförmig die frei in demselben nach hinten ragenden Genitalklammern, die nur am Grunde, wo sie aus derselben heraustreten, vollständig von der Ventrale umhüllt werden. Diese Vergrößerung des hinteren Ventralteiles ist so bedeutend, daß die Hinterkante der Flosse

[1] In demselben Werk findet sich aber außerdem noch auf Taf. II, Fig. 6 eine Abbildung von *Sc. retifer*, die übrigens im Texte nirgends (weder auf p. 16 noch auf p. 508 im Nachtrag) angegeben erscheint, die offenbar nicht auf die zitierte Art bezogen werden kann. Abgesehen von anderen kleineren Unterschieden, zeigt schon die Gestalt der Caudale, die einen absolut anderen Bau hat, daß sich das Exemplar, das den Fig. 14 und 15 auf Taf. IV zugrunde liegt und das auch für die Beschreibung auf p. 16 des obgenannten Werkes verwendet wurde, unmöglich mit dem für die Abbildung 6 auf Taf. II benutzten in einer Art vereinigen lasse und daß mithin letzteres nicht zu *Sc. retifer* gehört

etwas mehr als $2^1/_2$mal (2·53mal) länger ist als die Vorderkante.

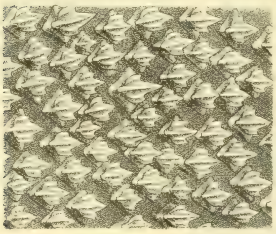
Die Haut ist mit sehr ungleich großen und ungleich geformten Schuppen bedeckt, von welchen die des Bauches verhältnismäßig anliegend und glatt, ohne besonders stark hervortretende Mittelrippe sind, mit einer starken Mittelspitze und mehr oder weniger stark ausgebuchteten hinteren Kanten (hinten nach der Lage der Schuppe auf dem Körper), während die Basalkanten

Textfig. 10.

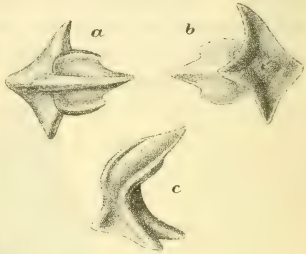
Klammerorgane und stark verlängerte Ventralflossen des erwachsenen Männchens von *Scyliorhinus rudis*. $^3/_4$ nat. Größe.

(die beiden vorderen, der Basis der Schuppe zunächst liegenden) nach außen gebogen sind, so daß eine efeublattähnliche Form resultiert. Am Grunde findet sich aber auch bei diesen Schuppen ein ganz kurzer schwacher Mittelkiel. (Textfig. 13, 14.) Gegen den Schwanz zu werden die Bauchschuppen länglicher, mehr lanzettförmig, während sie in der Gegend unmittelbar hinter dem Munde und vor demselben bis zur Schnauzenspitze ganz kurz, breit sind von nahezu herzförmiger Gestalt. Auf der Schnauzenspitze selbst sind sie wie bei anderen Haiarten glatt, rundlich, flach-nagelkopfähnlich. Auch an den Seiten des Körpers werden sie lang-

gestreckter und heben sich gegen den Rücken zu immer mehr von der Haut ab. Gleichzeitig wird der Mittelkiel stärker und reicht weiter nach vorne bis zur Mittelspitze. Auch die hinteren

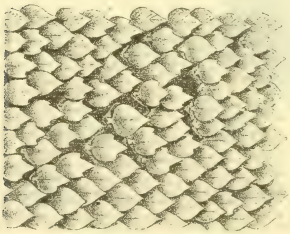


Textfig. 11.
Haut vom Rücken von *Scyliorhinus rudis* (vor dem Beginn der ersten Dorsale), 10fache Vergrößerung.

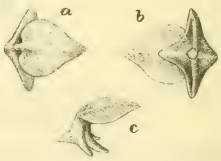


Textfig. 12.
Eine Rückenschuppe von *Scyliorhinus rudis*, stärker (18fach) vergrößert: *a* von oben, *b* von unten, *c* von der Seite gesehen.

Seitenkanten buchten sich stärker aus und es treten dadurch deutliche Seitenspitzen auf. Auf dem Rücken selbst sind die



Textfig. 13.
Haut vom Bauche von *Scyliorhinus rudis*, 10fache Vergrößerung.



Textfig. 14.
Eine Bauchschuppe von *Scyliorhinus rudis*, stärker (18fach) vergrößert: *a* von oben, *b* von unten, *c* von der Seite gesehen.

Schuppen am stärksten, robustesten ausgebildet, auf kurzem Stiel sich erhebend, mit sehr derbem, gebogenem mittleren Kiel, der bis zur stark vortretenden Mittelspitze auf der Schuppe

verläuft. Zu seinen Seiten zieht je eine schwächere Seitenrippe zum kürzeren Seitenstachel. Diese Rückenschuppen erinnern einigermaßen an einen Anker oder an die gekielten Seitenschaufeln eines solchen. (Textfig. 11, 12.) Durch sie erhält die Haut des Tieres eine ungemein starke Rauhigkeit.

Die Grundfarbe des Bauches und der unteren Hälfte der Flanken ist (in Alkohol) neapelgelb bis chamois, die der oberen Seitenhälfte und des Rückens braun. Auf dieser Grundfarbe findet sich nun eine sehr charakteristische Zeichnung in dunkelbrauner bis schwärzlichbrauner Färbung. Vom Rücken herab erstreckt sich eine Anzahl von dunkelbraunen, breiten, oft im Innern durch lichtere Flecke unterbrochenen Querbändern, die bis zur Mittellinie des Körpers ziehen und sich mit ähnlichen, mit ihnen in der Stellung alternierenden Flecken der unteren Körperhälfte verbinden, so daß eine einigermaßen netz- oder auch schachbrettartige Zeichnung entsteht. Die Anordnung dieser Zeichnung, die sich bei allen sechs Exemplaren mit nur geringen Abweichungen konstant wiederfindet, ist, tabellarisch[1] dargestellt, ungefähr folgende:

Obere Körperhälfte	Untere Körperhälfte
	1. Schmälerer, kurzer Fleck unter den Augen.
2. Ein breites Band, durch einige helle Punkte unterbrochen, hinter den Augen.	
3 *a*. 3 in seiner zweiten Hälfte übergehend in ein schmales Band über den Rücken.	3. Breiter rechteckiger Fleck vor der Pectorale bis zur Wurzel derselben.
4. Breites, mehrfach durch Punkte durchbrochenes Band über der Pektorale.	4 *a*. Auf der Pectorale ein undeutlicher, dunkler Fleck.

[1] Die alternierenden Bänder sind durch gegenseitige höhere und tiefere Stellung und fortschreitende Numerierung, die auf gleicher Höhe befindlichen durch Parallelstellung im Text und Bezeichnung mit Nebennummern (z. B. 3*a*) angedeutet. Die Hauptbänder haben auch die fortlaufenden (Haupt-) Zahlen (Cf. Tafelfigur).

5 *a*. Über der Mitte desselben ein schwaches, schmales Band über den Rücken.

5. Zwischen Pectorale und Ventrale breites Band.

6. Vor der Ventrale ein breites, durch Punkte unterbrochenes Band.

6 *a*. Ein ganz schmaler Fleck unter 6.

7. Über der ersten Hälfte der Ventrale ein etwas schmäleres Band, auf der Mitte der Ventrale ein dunkler Fleck.

8. Ein schmales Band über der Mitte der Ventrale, schräg unten sich fortsetzend in

9. ein breites, um den ganzen Körperumfang ziehendes Band unter der ersten Dorsale.

10. Einige schmale Flecke zwischen erster und zweiter Dorsale.

11. Ein breites, um den ganzen Körperumfang ziehendes Band.

12. Ein Fleck auf der Caudalwurzel.

13. Ein kleinerer Fleck auf dem Beginn der unteren Caudalhälfte.

14. Ein breiter Fleck in der Mitte der Caudale.

Außerdem ist auf der Unterseite der vor jedem Nasenloch liegende Schnauzenteil braun gefärbt.

Von *Scyliorhinus retifer*, dem die vorliegende Art am nächsten steht, unterscheidet sie sich insbesonder durch die Anordnung dieser Querbänder sowie durch die bedeutend größere Breite derselben (bei *Sc. retifer* sind sie nur fein fadenförmig), ferner durch die beiden den Körper vollständig umkreisenden Ringe (9 und 11) sowie durch die größere Breite des Kopfes und viel geringere Krümmung des Mundes, geringere Ent-

fernung der Nasallappen voneinander und kürzere, stark abgerundete Schnauze.

Eine kurze Synopsis der beiden Arten ergibt also folgendes:

Schnauze spitz, Mund stark gekrümmt, Nasenlappen weiter voneinander abstehend, keine den Körper vollständig umkreisenden dunklen Bänder in der hinteren Körperhälfte *Sc. retifer* Garman.

Schnauze kürzer, abgerundet, Mundbogen flacher, Nasenlappen näher aneinander, zwei den Körper vollständig umkreisende dunkle Bänder in der hinteren Körperhälfte..... *Sc. rudis* mihi.

27. **Heterodontus japonicus** (Duméril).

Ein junges Männchen von 289 *mm* und fünf Weibchen von 378 bis 611 *mm* Gesamtlänge. Die relative Länge des Kopfes ist bei allen diesen Exemplaren größer als Jordan und Fowler (op. cit., p. 599) angeben; sie ist nämlich bei unseren Exemplaren nur 5·09- bis 5·82mal in der Gesamtlänge enthalten, während die zitierten Autoren für dieses Verhältnis die Zahl 6·2 nennen.

Auch in anderen Körperverhältnissen finden sich mehr oder weniger starke Abweichungen von diesen Angaben, die wohl in der in mancher Beziehung sehr starken individuellen Variation dieser Art ihren Grund haben. So ist die größte Körperhöhe 6·17- bis 7·23mal (Jordan und Fowler, op. cit., 6·5mal) die Caudallänge 3·9- bis 4·28mal in der Gesamtlänge enthalten, ferner der Augendurchmesser 2·65- bis 3·03, bei dem jungen Männchen 3·6mal, die Interorbitalbreite 1·04- bis 1·39mal in der Schnauzenlänge, letztere 1·64- bis 1·92mal in der Kopflänge (Jordan und Fowler, 1·8mal), die Mundbreite in der letzteren 1·9- bis 2·17mal, schließlich die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte in der Mundbreite 1·77- bis 2·64mal.

Einer bedeutenderen Variabilität ist die Form der ersten Dorsale unterworfen. Besonders die relative Höhe derselben ist bei den einzelnen Exemplaren ziemlich beträchtlich verschieden, ferner ist auch in einigen Fällen der obere Zipfel der Flosse mehr nach hinten ausgezogen, so daß sie eine stärker säbel-

förmige Gestalt erhält als sonst. Bei einem Exemplar zeigt sie besonders auffällige Verschiedenheiten, die aber jedenfalls pathologisch sind, was wohl schon daraus geschlossen werden kann, daß die Flosse in diesem Falle kleiner als die zweite Dorsale ist. Sie steigt bei weitem nicht so steil an als sonst und auch ihre Hinterkante hat einen anderen viel schrägeren Verlauf. Die Innenkante liegt nicht dem Rücken an wie gewöhnlich, sondern hebt sich ebenfalls stark von diesem in die Höhe. Wir dürften es hier mit einer unvollkommenen Regeneration oder mit einer Verkrüppelung zu tun haben. Auch die Intensität der Färbung variiert einigermaßen, während die Lage der Querbänder bei allen sechs Exemplaren eine konstante ist.

Von *Heterodontus zebra* Gray unterscheidet sich die Art außer durch die von Steindachner (Ann. Hofmus. Wien, XI, 1896, Reise d. Aurora, p. 224) angegebenen Unterschiede auch noch in der Beschuppung des Körpers. Diese ist (bei gleich großen Exemplaren) bei der vorliegenden Art viel schwächer entwickelt; während nämlich *H. zebra* größere, dicht aneinander gereihte, nur durch schmale Zwischenräume getrennte Schuppen besitzt, sind diese bei unserer Art kleiner und weiter voneinander entfernt.

Notidani.

28. **Heptranchias Deani** Jordan und Starks.

Vier Weibchen von 693 bis 850 *mm* Gesamtlänge.

Die Kopflänge ist in der Gesamtlänge 5·97- bis 6·51mal enthalten. Die Angabe von Jordan und Fowler (op. cit., p. 595), daß die Breite der Kopfes größer als seine Höhe sei, stimmt mit unseren Exemplaren überein. Mit dieser Angabe steht aber die in der Originalbeschreibung in Proc. Cal. Acad. Sc., 1901 (III. Serie, II. Bd.), p. 384, von dem typischen Exemplar, das auch für die Beschreibung Jordan's und Fowler's verwendet wurde, gegebene, in Widerspruch, daß nämlich die Kopfbreite gleich der Kopfhöhe sei, und es beruht diese Angabe wohl nur auf einem Versehen. Ferner ist die Körperhöhe 8·17- bis 10·67mal, die Caudallänge 3- bis 3·22mal in der Gesamtlänge enthalten. Der Augendurchmesser verhält sich weiters zur Schnauzenlänge wie 1 : 1·25 bis 1·52, die Interorbitalbreite

zur letzteren wie 1 : 1·84 bis 2·32, die Schnauzenlänge zur Kopflänge wie 1 : 2·94 bis 3·29. Die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mundmitte ist in der Mundbreite 1·08- bis 1·44mal enthalten, die Entfernung der Schnauzenspitze vom vorderen Nasenlochrand in der Entfernung der ersteren vom Mundwinkel 3·65- bis 4·15mal. Das Auge steht der Schnauzenspitze beträchtlich näher als der ersten Kiemenspalte; das entsprechende Verhältnis, nämlich der Schnauzenlänge zu der Entfernung des Hinterrandes der Augenspalte von der ersten Kiemenspalte ist 1 : 1·35 bis 1·54. Die Angabe Jordan's und Fowler's (op. cit.), daß das Spritzloch ungefähr in der Mitte zwischen hinterem Augenrande und erster Kiemenspalte steht, stimmt nicht ganz mit den Verhältnissen bei unseren Exemplaren, wo es stets der letzteren etwas näher ist als dem Augenhinterrand; das Verhältnis der beiden Entfernungen ist 1 : 1·11 bis 1·31.

Die Farbe aller vier Exemplare ist auf dem Rücken und den Flanken drapgrau, ohne weiße Fleckchen, der äußerste Teil des oberen Caudallappens bei allen schwärzlich gefärbt.

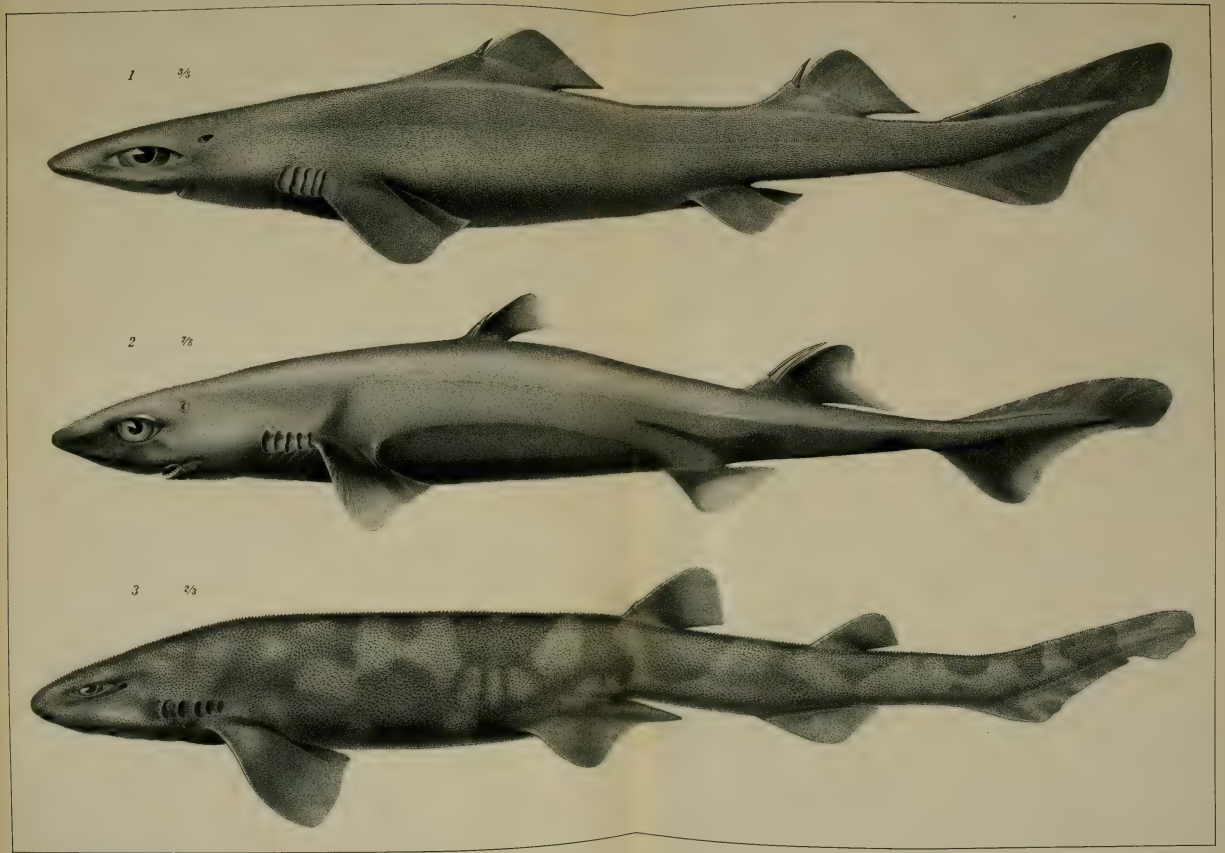
Tafelerklärung.

Tafel I.

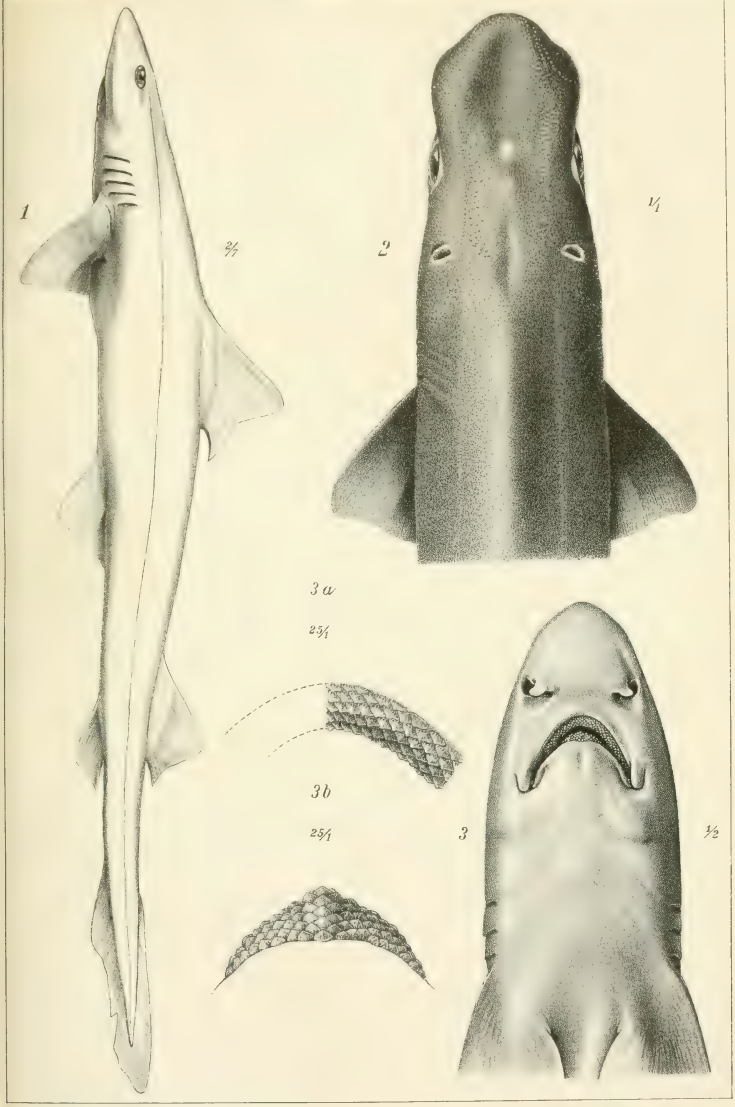
Fig. 1. *Centrophorus steindachneri* n. sp.
Fig. 2. *Etmopterus frontimaculatus* n. sp.
Fig. 3. *Scyliorhinus rudis* n. sp.

Tafel II.

Fig. 1. *Mustelus griseus* n. sp.
Fig. 2. Kopf von *Etmopterus frontimaculatus* von oben.
Fig. 3. Unterseite des Kopfes von *Mustelus griseus*.
Fig. 3*a*. Zähne des Oberkiefers von *Mustelus griseus*.
Fig. 3*b*. Zähne des Unterkiefers von *Mustelus griseus* mit dem Mittelwulst.



Jos. Fleischmann n. d. Natur gez.



Jos. Fleischmann n. d. Natur gez.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. VII. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Glazialgeologische Untersuchung der Liptauer Alpen[1]

von

Dr. **Roman Lucerna.**

(Mit 1 Karte und 14 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Juni 1908.)

Einleitung.

Das bahnbrechende Werk »Die Alpen im Eiszeitalter«,[2] die Grundlage für alle weiteren Forschungen auf diesem Gebiete, nähert sich seinem Abschluß. Und schon beginnt die Saat glazialer Detailarbeiten aufzugehen, deren Aufgabe es ist, das gewonnene System bis zu seinen äußersten Konsequenzen zu verfolgen. Zu diesen Arbeiten gehört die vorliegende Abhandlung, welche in einigen wesentlichen Punkten über das bisher Bekannte hinausgeht.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Viktor Uhlig für die Anregung zu dieser Arbeit und ihre Förderung meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Die Ausführung ermöglichte die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in

[1] Unter Liptauer Alpen verstehe ich mit Partsch (Die Gletscher der Vorzeit, Breslau 1882, p. 48) und Grissinger (Studien zur physischen Geographie der Tatra-Gruppe, XVIII. Jahresbericht des Vereines der Geographen an der Universität Wien, 1893, p. 9 des Sonderabdruckes) den Westabschnitt der Tatra bis zum Lilijowe-Paß 1939 *m* im Osten. Die Grenze des Aufnahmsgebietes, die nur an einzelnen Punkten überschritten wurde, bildet der Jalovecbach im Westen, die Waag im Süden, das Bela- und Tychatal im Osten, der Kalkzug bis in die Gegend von Habovka und des Sattels Palenica im Norden und Nordwesten.

[2] Penck-Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig, seit 1901.

Wien durch Subvention aus der Boué-Stiftung, wofür ich auch an dieser Stelle meinen geziemenden Dank ausspreche.

Nach ihren geologischen Verhältnissen[1] sind die Liptauer Alpen ein mit der Hohen Tatra organisch verbundenes Ganzes. Die Hauptmasse des Gebirges bildet Granit, dem sich im Süden ein nach Osten zu schmäler werdender Streifen von Gneis und krystallinischen Schiefern anschließt. Der Südfuß des Gebirges fällt mit einer Bruchlinie zusammen, an welcher bis auf wenige kleine Schollen die mesozoische Kalkzone zur Tiefe gesunken ist. Das südliche Vorland der Liptauer Alpen wird im Sockel fast ausschließlich von Eozän gebildet. Den Nordrand des Granitstockes bildet eine Kalkzone, welche im Westen südwärts umbiegt und einen Zug von Vorgipfeln trägt. Demnach sind die fremden Gesteine auf den Rand der Liptauer Alpen beschränkt und diese nahezu frei von erratischem Material. Dies ist ein Vorzug, da die Ablagerungen, wie die Erosionsformen in verschiedenen Höhen in einem Gestein beobachtet werden können. Ich füge noch hinzu, daß der Erhaltungszustand der Formen im Granit vortrefflich ist.

Die geographischen Verhältnisse des Gebirges sind ziemlich einfach. Der Hauptkamm ist ein im einzelnen zickzackförmig verlaufender, im großen ein seichter, nach Norden geöffneter Bogen. Die Konstanz der Gipfelhöhe[2] geht so weit, daß die Amplitude zwischen dem höchsten Gipfel, der Bystra 2250 *m* und den niedrigsten Kuppen des Hauptkammes nur 300 *m* beträgt. Auch die Einsattlungen, wie die Gipfel der Seitenkämme sind dieser Konstanz unterworfen. Aus der Verteilung der Gipfelpunkte erkennt man noch deutlich den kuppelförmigen Aufbau der ursprünglichen Gebirgsoberfläche. — Die Täler, welche zum elliptischen Grundriß des Gebirgskörpers eine radiäre Stellung erkennen lassen, sind auf der Südseite zahlreicher als auf der Nordseite. Die vorgelagerte Kalkzone bildete hier eine hindernde Barre für die Talbildung, so daß eine Aufsammlung benachbarter Talgebiete zu drei großen

[1] V. Uhlig, Die Geologie des Tatragebirges, 64. und 67. Band der Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, mit »Geologischer Karte des Tatragebirges« (1. Auflage).

[2] Penck, Morphologie der Erdoberfläche, II, p. 161 ff.

Durchbruchtälern erfolgte, während auf der Südseite sechs selbständige Talmündungen nebeneinander liegen. Im Süden zeigt sich keine deutliche Beeinflussung der Talmündungen durch eine einst etwa zusammenhängende Kalkzone.

Über die Glazialablagerungen der Liptauer Alpen ist wenig publiziert worden. Den nordöstlichsten Teil (das Koscieliskotal) durchforschten J. Partsch,[1] S. Roth[2] und A. Rehmann[3]. In den übrigen Tälern hat Prof. Uhlig[4] Moränen nachgewiesen, auf der geologischen Spezialkarte der Tatra (1. Auflage) die Vorkommnisse ausgeschieden und zuerst die Vorstellung einer recht intensiven Vergletscherung des Gebirges vermittelt. Seine Beobachtungen umfassen größtenteils die Mittelstücke der Täler. Weiters wurde auf der genannten Karte ein Teil der fluvioglazialen Schotter als Terrassendiluvium ausgeschieden.

Meine Aufgabe bestand in der Feststellung der äußersten Grenzen der letzten Vereisung, der Auffindung älterer Moränen sowie der Stadialmoränen, der Gliederung der diluvialen und alluvialen Schotter, der morphologischen Betrachtung des Gletschergebietes. Als Grundlage der Aufnahme benutzte ich die vortreffliche, mehrfach zitierte geologische Spezialkarte der Tatra, ferner die Spezialkarte 1 : 75.000 (die Blätter Lipto Szt. Miklos, Zone 9, Kolonne XXI; Hohe Tatra, Zone 9, Kolonne XXII; Neumarkt und Zakopane, Zone 8, Kolonne XXII; Turdossin an der Arva, Zone 8, Kolonne XXI) sowie die entsprechenden Blätter der Originalaufnahme 1 : 25.000.

Die Betrachtung beginnt mit den Alluvialflächen an der Waag, legt die Verhältnisse der Schotterplatte im Süden der Liptauer Alpen von Westen nach Osten fortschreitend dar, bespricht die Schotter der Nordseite des Gebirges, soweit sie

---

[1] Partsch, Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882.

[2] Roth, Spuren einstiger Gletscher auf der Nordseite der Hohen Tatra. Földtani Közlöny, XVIII. Bd. (1888), Heft 8 bis 10, Budapest 1887.

[3] Rehmann, Eine Moränenlandschaft in der Hohen Tatra und andere Gletscherspuren dieses Gebirges. Mitt. d. Geogr. Gesellsch., Wien 1893, p. 473 bis 589.

[4] Uhlig, Die Geologie des Tatragebirges, II, Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, 68. Bd., 1900, p. 75 bis 87.

in den Rahmen der Arbeit gehören, wendet sich im zweiten Abschnitte zu den Glazialbildungen des Gebirges und schließt mit der Zusammenfassung der gewonnenen Hauptergebnisse.

Die diluvialen Schotter der Liptauer Alpen.

Die Alluvialflächen am rechten Ufer der Waag[1] zwischen Lipto Szt. Miklos und Lipto Ujvár zerfallen durch die aus den Liptauer Alpen kommenden Bäche in mehrere Feldstücke. Das erste dieser Feldstücke mit der Komitatshauptstadt Lipto Szt. Miklos ist scharf umrandet und hat merkliches Gefälle talabwärts. Die Kante dieser Fläche liegt bei Okolicsno 1·5 bis 1·7 *m* über dem Bache, 0·45 *km* südöstlich der unteren Waagbrücke von Miklos 1·8 *m*, an der Mündung des Jalovecbaches $^1/_2$ *m*. Sie ist meist von der Waag durch ein Band niedrigeren Schotters, auf dem auch die Südhälfte von Verbicz steht, getrennt. Dieser niedere Schotter (bei Verbicz 1 *m* über dem Bache, am Jalovec 1 bis 3 *dm*) erfüllt auch eine seichte Furche, welche unweit von der Station Miklos von der Waag abzweigt und den Wassertümpeln des Mutnikbaches entlang laufend am Jalovecbach endet. Diese Furche besteht seit dem Wiedereinschneiden der Waag in die Mikloser Terrassenfläche, wurde in der nächsten Aufschüttungszeit benützt und ist heute verkümmert. Der Wassertümpel der Einmündungsstelle ist weit tiefer als der benachbarte Jalovecbach, der durch einen subaquatischen Schlammkegel das Altwasser absperrt und selbst reich verästelt auf rezenter Geröllaufschüttung fließt. Der Unterschied der Spiegelhöhe von Waag und Jalovec ist knapp an dessen Mündung merklich; man sieht, daß der Hauptfluß dem Seitenbache in der Erosion voran ist.

Östlich von der Waagbrücke 580 *m* werden die Verästelungen der Waag von Rasenstreifen begrenzt, die unter der Terrasse von Verbicz fast im Wasserspiegel liegen, aber älter als die rezenten Schotter- und Sandbänke der Waag sind.

Die genannten Alluvialflächen sind Stadialterrassen. Das Feld von Miklos gehört der Bühlzeit, die Terrasse von Verbicz der Gschnitzzeit an; die schmalen Rasenstreifen stammen aus

[1] Hiezu Spezialkartenblatt, Zone 9, Kolonne XXI.

der Daunzeit, die im ganzen Gebiete nur sehr spärliche Bildungen hinterlassen hat.

Westlich von Andrasfalu steigt die Straße zum Bildstock am Ostende der Hochterrasse empor. Dem Südfuße dieser Terrasse entlang zieht eine Altwasserfurche, die in die Bühlterrasse des Waagtales eingeschnitten ist und von der Gschnitzterrasse bis auf wenige Wasserreste erfüllt ist. Letztere wird von einer Leiste von 5 *m* Höhe überragt, auf deren Eozänsockel ein dünnes Geröllband aufruht. Der Höhe nach könnte es der geringe Rest der Niederterrassenfläche des Waagtales sein. Der Vertikalabstand der stattlichen Hochterrasse von der Altwasserfurche beträgt 27 *m*, wovon, wenn die Quellaustritte die genaue Lage der Schottersohle angeben, 21·5 *m* auf die Schottermächtigkeit entfallen. Der Steilabfall ist bis zur ein- und ausgebogenen Kante mit Geröll überstreut. Die Verwitterungsschichte beträgt an der durch die Straßenanlage abgestumpften Kante 0·5 *m*, ist im Norden der Straße viel größer. Lesesteine sind in der grauschwarz gefärbten Ackererde selten. Die Terrassenoberfläche steigt gegen den Panski dub 651 *m* merklich an. Im Ostabfall der Hochterrasse verläuft 3 bis 5 *m* unter der Kante eine Stufe.

Östlich von der Enge von Andrasfalu ist das spornartige Ende des Hügels 661 *m* reich terrassiert. Zu beiden Seiten der Holzbrücke über den Jalovecbach beträgt die Höhe der Bühlterrasse 2 *m*. Der Sporn der hier 21 *m* hohen Hochterrasse entsendet zwei kurze, sich verschmälernde Ausläufer nach Osten und Norden. Auch hier ist unter der Kante der Hochterrasse, deren geröllfreie, gelbbraune Verwitterungsschichte 1 *m* mächtig ist, eine mit einer Kapelle besetzte 3·5 *m* niedrigere Stufe vorhanden. Bergwärts folgt Eozän mit geröllbestreuten Stufen von 20 *m*, 35 *m* und 10 *m* Höhe, von denen die untere der jüngeren Decke, die oberen der älteren Decke entsprechen. Die ältere Decke liegt demnach 85 *m* über der genannten Holzbrücke und 90 *m* über der Waag.

Der Hügel 661 *m* hat an seiner Westseite ein breites Stück Hochterrasse angelagert, das sich nach Nordosten ausspitzt. In dieser Richtung verläuft auch die zu einer Eozänrippe verschmälerte Erhebung. Sie ist über und über mit grobkörnigem

Geröll bedeckt, das sich auch in die östlich der Rippe entlang laufende Rinne von Nadasd herabsenkt. Die Schottererfüllung läßt an dieser Stelle einen kleinen Taltorso erkennen. Da dessen Scheitelpunkt mit rund 650 *m* den Spiegel des jenseits der Rippe vorbeifließenden Jalovecbaches um 20 *m* überragt, wird man den Schotter zur Hochterrasse zu rechnen und die Rinne von Nadasd als das Werk einer Abzweigung des Jalovecbaches zur Rißeiszeit auffassen können.

Östlich von der Rinne von Nadasd steigt der eozäne Hang mäßig steil empor. Er trägt zu oberst eine Schotterlage, den Rest der älteren Decke des Jalovectales. Das Südende dieser Schotterplatte Dubovec-Zahradska, die sich von hier nordwärts ununterbrochen bis an den Gebirgsfuß ausdehnt und im Gegensatz zum meist felderbesetzten Eozänhang größtenteils von Haideflächen mit Wachholdergebüsch eingenommen ist, liegt bei 690 *m*. Am Dubovec 706 *m* mißt die Dicke der Schotterlage, nach Quellpunkten und Steilabsatz beurteilt, 14 *m*. Die im allgemeinen Nordnordost zum Gebirge verlaufende Kante weist nur leichte Schwankungen des Gefälles auf, nicht aber einen Wechsel von horizontalen und geneigten Strecken, wie dies auf der Spezialkarte dargestellt ist. Von der Ansatzstelle am Gebirgsfuß bei 910 *m* senkt sich die Oberfläche des Schotterkegels auch nach Südosten und Osten, dem Gebirge entlang. Der Berg Hora, 888 *m*, selbst von diluvialen Schottern umringt, liegt am Endpunkte der Verschneidung zweier alter Schuttkegel.

Der Abfall der älteren Decke zum Jalovectal ist nahe dem Gebirgsfuß über und über mit kopfgroßen Geröllstücken bedeckt; neben Glimmerschieferscherben Gneise und Quarzblöcke. Vereinzelte Stücke tragen nur Spuren von Rollung. Die Mächtigkeit der Lehmdecke dürfte wohl, obgleich auf der ganzen Oberfläche Gerölle verstreut liegen, 2 *m* betragen. Die Unterlage des Schotters ist nicht aufgeschlossen. Unter der Kante zieht ein Paar paralleler 75 bis 100 *m* langer Blockwälle, deren Vertikalabstand 15 *m* beträgt, dem Abfall entlang. Zwischen den Wällen und dem Abfall sind seichte trümmererfüllte Rinnen, über die sich die Wälle je 1·7 *m* erheben, eingesenkt; sie haben schwaches Gefälle nach Süden. Nach

Norden gehen die Wälle in schwach markierte, kurze Terrassen über. Nach Süden verbreitern sie sich etwas und wenden sich kaum merklich zu Tal. Der höhere löst sich in kleine Hügel auf, der tiefere ist durch kurze Querfurchen zerteilt. Da die Wälle weder zum Tale energisch umbiegen noch eine Terrassenfläche aus ihnen hervorgeht, da sie ferner 15 bis 30 *m* unter der Kante der Decke liegen, so wird man nicht an Altmoränen denken können, sondern lediglich an Stücke der Terrassenkante, welche abgebrochen sind, auf der eozänen Unterlage herabglitten, sich festsetzten und mit Wachholder und Heidekraut überwachsen wurden. Je 8 *m* und 7 *m* tiefer treten zwei Stufen hervor, von denen die tiefere (mit Baumschule) 45 *m* unter der Deckenkante liegt und daher eine Marke des jüngeren Deckenschotters sein dürfte. Weiter südwärts ist der Abfall des älteren Deckenschotters sanfter und trägt Spuren zahlreicher Rutschungen. Das Alter dieses Abfalles ist in seinen verschiedenen Teilen verschieden. Der obere Teil mag schon in der Zeit des jüngeren Deckenschotters seine heutige Lage erhalten haben. Die Bildung der Fußlinie des Abfalls fällt mit der Aufschüttung der Niederterrasse zusammen. Letztere hat am linken Jalovecufer die Hochterrasse bis Nadaşd hinab völlig beseitigt.

An den Abfall der älteren Decke legt sich der Niederterrassenstreif von Jaloc an. Er wird im Norden vom Lisovecbache in seichter Furche durchschnitten, trägt das von Bäumen umsäumte Dorf Jaloc und stößt im Süden vor Nadasd an die Hochterrasse an. An dieser Stelle liegt die Kante der Niederterrasse 8 *m* über der 1 *m* hohen Bühlterrasse des Jalovecbaches. Die Verwitterungsdecke der Niederterrasse beträgt fast 2 *m* und besteht aus zwei Schichten. Die tiefere ist ein hellbrauner, zum Teil gerölldurchsetzter Lehm. Er lagert auf dem hellgrauen Granitgeröll, dessen Korn über Faustgröße erreicht. Die obere Schichte setzt sich aus erdiger Masse und schwarzgrauen Gesteinssplittern zusammen, die offenbar dem Eozän des 120 *m* entfernten Berghanges entstammen. Seit der Ablagerung der Niederterrasse haben Abspülung, kleine Rutschungen und das langsame Herabwandern kleiner Gesteinsteilchen am wenig festen Eozänhange eine zweite Verwitterungsschichte

auf die Terrassenfläche gebreitet. Die Terrassenfläche ist hier im Querprofil nicht horizontal, sondern steigt ein wenig zum Berghang an. Das Berggehänge erscheint in die Terrassenfläche verflößt. Wo die Niederterrasse im Norden breiter wird, weicht der Streif des verflößten Berghanges an den Bergfuß zurück, bleibt die Terrasse im Querprofil horizontal, fehlt die aufgetragene Verwitterungsschichte an der Terrassenkante.

Von Nadasd bis zum Gebirgsfuß ist die Terrassenkante völlig scharf und reich an Biegungen. Die relative Höhe über dem Bache schwankt zwischen 8 und 10 *m*, sinkt in der Nähe des Gebirges auf 6 *m* und darunter. Bei Nadasd findet sich in der Niederterrasse ein kleiner Ausschnitt einer Seitenerosionsterrasse (1·7 *m* unter der Niederterrasse). Diese Stufe tritt auch in schmalen Streifen nahe dem Gebirgsfuß entgegen. Der Vertikalabstand der Bühlschotter steigert sich in der Nähe des Gebirges auf 3·5 *m*. Die eozäne Unterlage kommt am Terrassenabfall zum Vorschein (so im Profil nördlich von Nadasd 4·5 *m* Eozän, 3·5 *m* Schotter, 4·5 *dm* Verwitterungsschichte; im Profil Jalovec mlyn 6 *m* Eozän, 4·5 *m* Schotter, 3 *dm* Verwitterungsschichte). Das Profil an der Jagdhütte nahe dem Gebirgsfuße zeigt die eozäne Unterlage auf kurzer Strecke von der Niederterrasse befreit; 1 *m* unter der Eozänoberfläche lagert die hier 3·5 *m* hohe, ganz aus Schottern bestehende Bühlterrasse mit 1·5 *dm* Verwitterungsschichte an. (Ein ähnliches Schotterverhältnis besteht an der Jalovecbrücke von Andrasfalu am linken Ufer. Hier überragt der Eozänsockel der 2 *m* hohen Bühlterrasse die $^1/_2$ *m* Gschnitzterrasse).

Die Kante der Niederterrasse tritt nur selten an den Jalovecbach heran; häufig ist dem Abfall der Niederterrasse ein Streifen der Bühl- und diesem ein Streifen der Gschnitzterrasse angelagert. Die Oberfläche der Niederterrasse ist von Feldern eingenommen, die erst in der Nähe des Gebirges, wo der Schuttkegel steiler ansteigt, von stämmigem Nadelwalde verdrängt werden. Nadelwald, Heideflächen, hie und da Wiesen decken die Bühlterrasse, kurzstämmiges Nadelgehölz die moosbedeckten Schotterbänke der Gschnitzterrasse. (Bei Andrasfalu hat die Gschnitzterrasse, trotzdem sie mit großen Laubbäumen

besetzt ist, den Charakter einer Geröllbank. Die Fugen zwischen dem kopfgroßen Gneis und Granitgeröllen sind mit Erde erfüllt. Die Dicke dieser Erdschicht beträgt am Bachrand 0·5 bis 1 *dm*).

Die Niederterrassenränder begleiten auf beiden Seiten die Furche des Jalovecbaches zusammenhängend. Sie entfernen sich voneinander bei Nagy Bobroc auf 250 *m* und nähern sich in der Enge von Jaloc auf etwa 50 *m*. Die von beiden eingeschlossene Furche des Jalovecbaches ist erfüllt von den Stücken der Stadialterrassen sowie den Verästelungen des Baches. Die Stadialterrassen nordöstlich der Säge von Andrasfalu zeigen, wie die jüngeren Feldstücke sich an die älteren ansetzen.

Am rechten Ufer des Jalovecbaches nehmen das Nieder- und Hochterrassenfeld von Nagy Bobroc den Raum bis zum Berggehänge ein. Die Grenze zwischen beiden Feldern läuft von Südwest nach Nordost durch die Mitte von Nagy Bobroc und weiter nach Norden an den Bergfuß. Die Hochterrasse überhöht die Niederterrasse um 10 *m*. Letztere zeigt dieselben Züge wie das Feld von Jaloc. Östlich Nagy Bobroc läuft zwischen Niederterrasse und Bühlterrasse eine Stufe hindurch, die bereits nördlich von Nadasd als Ausschnitt in der Niederterrasse vorkommt. Die genannten Felder enden im Süden an stumpfen Rändern und wenig geneigten Abfällen. Die Gegend im Norden von Andrasfalu ist versumpfte Bühlterrasse. An den Panski dul lehnt sich im Südosten ein Streifen Niederterrasse an, der nahe der schönen Hochterrassenfläche im Süden des Panski dul endet.

Während der Jalovecbach aus dem innersten Gebirge kommt, entspringen der Lisovecbach und ein unbenannter Bach, der vom Babki 1568 *m* herabkommt, am Rande des Gebirges in niederem, meist gletscherfreiem Gebiete, durchschneiden die Schotter des Jalovec und münden 2 bis 3 *km* vom Gebirge entfernt in den Hauptbach. Die Schotterführung dieser beiden Bäche konnte mit dem Hauptbache einigermaßen gleichen Schritt halten. Die seichte Furche des Lisovecbaches weist scharf gesondert neben der Niederterrasse die Bühl- und Gschnitzterrassen auf. Die Bühlterrasse ist mehr ausgeglichen,

die Gschnitzterrasse unregelmäßig, was von den Wölbungen der einzelnen Schotterbänke sowie den Furchen zwischen diesen herrührt. Die Vertikalabstände betragen am Lisovec 1·5 *m*, 1 *m*, $^1/_2$ bis $^1/_3$ *m*, am unbenannten Bache im Westen 2 *m*, 1 *m*, $^1/_2$ *m*. Die schwächere Schotterentwicklung am Lisovec nimmt Wunder, da sein Einzugsgebiet größer und höher ist als beim unbenannten Bache. Das Einzugsgebiet des unbenannten Baches ist aber von mehreren Kalkbänken (siehe Geologische Spezialkarte) durchschnitten, während der Lisovec durch Urgestein fließt. Wahrscheinlich reagiert Kalkgestein stärker auf eine klimatische Änderung als Urgestein; dann müßte seine Schuttabsonderung eine größere sein.

Die westliche Schranke des Jalovectales ist unregelmäßiger gestaltet als die Schotterplatte an seiner Ostgrenze. Sie scheint aus einem Wechsel von Eozänhöhen und eingeschalteten Schotterflächenstücken zu bestehen. In den Kuppen Zajački 664 *m* und Panski dul 651 *m* hat man wahrscheinlich Deckenreste, in der kleinen, unter Zajački gelegenen Fläche von 649 *m* den Rest einer jüngeren Decke zu erblicken. Die Einsenkung zwischen Zajački und Panski dul, welche mit 627 *m* die Fläche der östlich benachbarten Hochterrasse überragt, diente wahrscheinlich dem Jalovecbache in der Mindel-Riß-Interglazialzeit als Bahn, als noch die heutige Talenge von Andrasfalu durch eine schotterbedeckte Eozänbarre verschlossen sein mochte. Letztere würde demnach erst in der Rißzeit geöffnet worden sein.

Ein Rückblick auf das Jalovectal ergibt, daß die Stadialschotter auf eine schmale Furche beschränkt sind, die Niederterrasse den breitesten Raum einnimmt und die Hochterrasse und jüngere Decke bis auf wenige, namentlich am Ausgange erhaltene Reste zurückgedrängt hat. Die ältere Decke hat sich jedoch als plattenförmiger, wasserscheidender Rücken, am Südsaum zerlappt und an eine die Platte überragende Eozänhöhe angelehnt, erhalten. Die Bildungsgeschichte der den Südsaum der Platte zerteilenden Tälchen begann erst nach Ablagerung des älteren Deckenschotters.

Das Gefälle der vier diluvialen Schotterkegel ist derart angeordnet, daß auf die Niederterrasse 26‰, auf die Hoch-

terrasse 25·7‰, die jüngere Decke 29‰, die ältere Decke 30·5‰ kommt. Man sieht, die Konvergenz der Schotter talabwärts erleidet nur im Verhalten der Niederterrasse eine Ausnahme.

Smrečankagebiet. Die Kuppe Hora 888 *m*, dem Südfuße der Liptauer Alpen vorgelagert und durch einen wenig tiefen Sattel mit diesen verbunden, ist ein dem Gebirge wie der Schotterplatte fremdes Element. Die Kalk- und Dolomitblöcke, welche am Sattel und über die Kuppe hinweg über den ganzen Südhang verstreut sind, zeigen hier das Vorhandensein einer jener kleinen mesozoischen Schollen an, die Prof. Uhlig[1] am südlichen Bruchrand der Tatra wiederholt nachgewiesen hat. An den Südfuß des Hora setzt sich ein scharf zugeschnittenes Stück Hochterrasse an, das von einer gabelförmigen, den Winkel zwischen den benachbarten Bächen ausfüllenden Niederterrasse umschlossen wird; an deren Abfall lagern die schmalen Streifen der Bühl-, Gschnitz- und Daunterrassen mit seltener Schärfe an (Vertikalabstände 9 *m*, 1 *m*; 2 *m*, $^1/_2$ *m*, $^1/_4$ *m*). Die Stärke fast aller Terrassen fällt hier auf, obgleich das Sammelgebiet der Bäche nur bis 1700 *m* emporreichte. Am rechten Ufer des westlichen Baches ist der Niederterrassenschotter 1·7 *m* mächtig, auf 2 *m* hohem Eozänsockel. Darüber zieht ein Hochterrassenstreif dem Abfall der älteren Decke von Zahradska entlang. Der östlich vom Hora fließende Bach hat in der Fortsetzung des früheren Querschnittes keine Terrassenleisten an seinen Ufern (Sammelgebiet nur bis 1300 *m*).

Das von den Koten 790 *m*, 725 *m* und der Smrečankabrücke am Gebirgsfuß begrenzte Dreieck ist das Niederterrassenfeld von Zsar. Es ist dies ein regelmäßiger Schuttkegel, dessen Scheitellinie von Nordosten gegen Südwesten unter 3 bis 4° Neigung gleichmäßig sinkt. Seine Oberfläche, mit Feldern, Heideflächen, Waldparzellen bedeckt und streckenweise versumpft, senkt sich auch schwach gegen Westen, dem aufschüttungsarmen Winkel südlich von Hora zu, einen Gegenflügel einer späteren Eiszeit zum Schuttkegel Zahradska darstellend. An seiner Westseite durch die seichten Furchen

[1] Uhlig, l. c., p. 49 f.

einiger kleiner Gebirgsbäche schwach unduliert, verläuft sein Ostrand scharf dem Smrečankabach entlang bei Zsar 1·5 *m*, mittewegs zum Gebirgsfuß 3·5 *m* hoch und dann auf eine Distanz von 50 *m* auf das Doppelte emporschnellend. Das ist ein Zeichen des Übergangskegels. Die Verwitterungsschicht dieser Niederterrasse beträgt 2 bis 2·5 *dm*.

Den Westrand des Smrečankagebietes bildet die ältere Decke Zahradska, welche das Gebiet der alten Wasserscheide überschritt und sich in ein fremdes Tal hinabsenkte. Dem steiler abfallenden Außensaum ist ein Hochterrassenband bis Smrečan angelagert. Seine sanftere Oberfläche, von wenigen Bächen durchzogen, zeigt eine vorherrschende Neigung gegen Süden, was ein Hindernis, das sich seiner Ausbreitung gegen Osten entgegengestellt hat, andeutet. Dieses Hindernis mag ein heute bis auf den letzten Rest hinweggeräumter älterer Deckenkegel an der Stelle des heutigen Niederterrassenfeldes von Zsar gewesen sein. Diese Annahme macht den Verlauf der Entwässerungslinien verständlich. In der Verschneidung der beiden alten Schuttkegel fließt heute ein unbenannter Bach, dessen Verästelungen den Kern einer älteren Landoberfläche (Hora), umschließen.

Im Süden gabelt sich der Deckenschotterkegel Zahradska an der Eozänkuppe 764 *m* und entsendet zwei Ausläufer, den bereits besprochenen Dubovec und einen zweiten, Kobilini, im Osten, der sich an den Nordhang der Eozänkuppe Nikovo 729 *m* anlehnt. Südlich vom Südende des Schotterlappens Kobilini klebt, durch einen Eozänausstrich von 5 *m* Höhe getrennt, ein Schotterrest, dessen grobe Gerölle auf eine geneigte Fläche von 7 *m* verteilt sind, am Eozänhang. Zwischen diesen beiden Lappen ist das echte Plattentälchen des Mutnikbaches eingesenkt. Seine eozänen Wandungen sind sanft zugeböscht. Nur im Osten findet sich etwas Gerölle, der Rest eines aufgelösten Teiles der Decke. In die Sohle des Tälchens hat der Mutnikbach eine Rinne von 2 *m* Tiefe eingeschnitten.

Die Laufrichtung des Mutnikbaches ist in der Lage der älteren Decke klar vorgebildet. Der ältere Deckenkegel umfloß die Eozänkuppe 764 *m* und vereinigte sich im Süden der Kuppe entlang einer nordsüdlich verlaufenden Berührungs-

linie. In dieser seichten Furche sammelten sich die Wässer, die den Mutnikbach bildeten. Sein Lauf änderte dort seine Richtung nach Südwesten, wo sich der Einfluß der Eozänhöhe Nikovo geltend machte und bog dort nach Westen um, wo sich bereits das Gefälle der älteren Decke des Waagtales äußerte.

Mit der Günzzeit beginnt unter teilweiser Zerstörung der alten eozänen Wasserscheiden eine gründliche Änderung, namentlich der kleineren Hydrographie des Gebietes.

Die mit Heiden und Fichtenwäldchen bestandenen Eozänhöhen Nikovo 719 *m* und Huja 748 *m* haben sich aus der alten Eozänlandschaft erhalten, da sie weder durch die Ausläufer der älteren Decke des Jalovec- noch des Smrečanbaches beseitigt werden konnten.

Andere Deckenschotterreste liegen im Südwesten von Nikovo. Der Schotterfleck Kopanice gehört der älteren Decke an; 25 *m* unter seiner Kante liegen Quellpunkte. Noch 20 *m* tiefer liegt eine geröllfreie breite Eozänstufe im Niveau des jüngeren Deckenschotters.

Der in der Schotterplatte gelegene Teil des Smrečankatales bildet im Grundriß einen nach Westen gekehrten Bogen mit zurückgebogenen Enden. Es begleitet den Ostsaum der älteren Decke des Jalovectales und wird durch die im Süden aufragenden Eozänhöhen, deren Steilabfall der Smrečanbach untergräbt, abgelenkt. Der südliche Teil des Tales ist gleichmäßig schmal, von Stadialterrassen und einem niedrigen Bande der Niederterrasse begleitet. Im Osten des Smrečankatales erhebt sich das ausgedehnteste Eozängebiet der Schotterplatte, das beiderseits von terrassierten Schotterstreifen eingefaßt wird.

Der Terrassenstreif am Westrande des Eozängebietes von Stefanki 871 *m* führt zunächst in schmalen Leisten die Stadialterrassen nahe dem Gebirgsfuß mit relativen Höhen von 1 *m*, $^3/_4$ bis $^1/_2$ *m*, $^1/_4$ *m*, darüber die Niederterrasse, deren Emporschnellen auch am linken Smrečankaufer bemerkbar ist. Östlich von Zsar sind nur schmale Reste der Niederterrasse, die hier eine Verwitterungsschichte von 3 *dm* trägt und 3·5 *m* hoch ist, erhalten. Bei Vitalisfalu, dessen Osthälfte auf der Niederterrasse steht, hat sie nur mehr 1 *m* Höhe. Über der Nieder-

terrasse folgt ein schmaler Streif der Hochterrasse, der steil geneigt am Gebirgsfuß beginnt, sich bis Zsar 8·5 bis 9 *m* über dem Bache hält, weiter abwärts an Sprunghöhe zunimmt und im scharf geschnittenen Hochterrassenriedel bei Vitalisfalu mit 30 *m* hohem Steilabfall über dem Waagtal endet. Die von vereinzelten Geröllen durchsetzte Lehmdecke der Hochterrasse beträgt 1 *m*. Das Querprofil der Hochterrasse ist am Riedel horizontal, am Eozängehänge durch Hangverflößung geneigt.

20 *m* über der Hochterrasse erhebt sich am Gebirgsfuß ein kurzer Rest der jüngeren Decke. Sie stößt im Süden an das Nordende des Eozängebietes von Stefanki, die Eozänkuppe 906 *m* an. Im Norden erhebt sich am Gebirgsfuß ein von Heidelbeergesträuch und Moosen überwucherter Wall, der aus Trümmern und sehr vereinzelten Gneisgeschieben besteht. Nach Form des Walles, seiner Lage am Talausgang, seinem Zusammenhang mit Terrassen ist es wahrscheinlich, daß man es mit einem Altmoränenwall zu tun hat. Auch die jüngere Decke läßt sich als Schotterleiste am westlichen Eozänhang verfolgen und endet in dem breiten Schotterriedel Kopislanec 25 bis 30 *m* über der Hochterrasse.

Die Hauptmasse eines der älteren Schotter des Smrečankatales folgte nicht dem heutigen Tallaufe, sondern umging das Eozängebiet von Stefanki im Osten. Wiederum senkten sich die älteren Schotter, wie im Jalovectale, die frühere Wasserscheide überschreitend, in ein fremdes Talgebiet. Doch konnten hier die Eozänhöhen durch die Schotter weit weniger, nämlich nur 1·1 *km* (gegenüber 3·9 *km* im Jalovecgebiet) vom Gebirgsfuße zurückgeschoben werden.

Am Ostrande des Eozängebietes von Stefanki hat sich auch eine Reihe von Resten der älteren Decke erhalten. Der erste Rest liegt im Südsüdosten der Kuppe 906 *m*, der zweite an der Ansatzstelle des Rückens im Osten von Stefanki 871 *m*, der dritte bildet das Flächenstück Vrehovini 761 *m*, der vierte Rest ist ein Ausläufer und bricht fast 120 *m* hoch mit der Kuppe Hora 713 *m* über dem Waagtal ab.

Weit ansehnlichere Reste haben sich vom jüngeren Deckenschotter in den beiden Schotterzungen Široki und

Kamenec erhalten. Die jüngere Decke tritt zuerst als gleichmäßig verlaufende Leiste am Nordostrande des Eozängebietes auf, wendet sich in scharfer Ecke gegen Südwesten, verläßt den Eozänhang und bildet, auf 4·4 *km* Länge die Wasserscheide zwischen Porubibach und Ternovec tragend, die Schotterzunge Kamenec, deren Südende 45 *m* über dem Waagtale abbricht. Das Gefälle des Schotterrückens ist, mit einer einzigen Unregelmäßigkeit, sehr gleichmäßig. Die Mächtigkeit des Schotters dürfte mindestens 8 *m* betragen.

Westlich vom Porubibache findet sich unter den Deckenschotterresten der nunmehr zerlappte Außensaum der jüngeren Decke in den beiden Schotterflecken östlich von Hrastlje 771 *m* und der kurzen Schotterzunge im Süden von Vrhovini 761 *m*.

Die natürliche Fortsetzung des Kamenec gegen das Gebirge zu ist die Schotterzunge Široki, deren Oberfläche äußerst gleichmäßig geneigt ist. Diese Schotterzunge entspringt in der jüngeren Decke nördlich der Kuppe 906 *m*, hat 3·2 *km* Länge und endet 82 *m* über St. Andras. Die Westkante der Schotterzunge ist scharf, die Ostkante abgestumpft. Zwischen beiden Kanten neigt sich die Fläche an ihrem Südende auch unter 6° nach Osten. Am Südende ist die Schotterdecke 5 *m* mächtig. Der ganze Terrassenabfall ist bis St. Andras herab von oben nach unten abnehmend dicht mit Urgesteinsgeröll bestreut. In der Mitte der von Heiden eingenommenen Hochfläche Široki finden sich nahe der Westkante stark versumpfte Striche.

Betrachtet man die Verteilung der älteren Schotter des Smrečankatales, so ergibt sich eine für die ältere Decke wahrscheinliche, für die jüngere bestimmt vorhandene Gabelung der Schotter an der Kuppe 906 *m*. Die Hauptmasse der älteren Decke dürfte westlich, die Hauptmasse der jüngeren Decke östlich des Eozängebietes abgelagert worden sein, während sich ein schmaler Streifen der jüngeren Decke im Westen und eine Reihe von Resten der älteren Decke im Osten findet. Dieses Alternieren der Aufschüttung in zwei aufeinander folgenden Abschnitten des Eiszeitalters wurde bedingt durch die Lage des Eozängebietes von Stefanki vor der Mündung des Smrečankatales und durch die Ablenkung, welche der jüngere

Deckenschotter durch die angenommene Verbreitung des älteren über Zsar erfahren hat.

Das Plattentälchen westlich vom Širokirücken wird von scharfen Terrassenrändern, die erst 3·5 *m*, dann 5·2 *m*, schließlich an der Mündung westlich von St. Andras 10 *m* über dem Bache hoch sind, begleitet. Der 3·5 *m* mächtige Urgesteinsschotter mit 1 *m* hoher Verwitterungsschichte (die obersten 1·8 *dm* sind schwarzgrauer Humus) ruht auf splittrigem Eozän. Der ganze Schotter leitet sich von zerstörtem Gebirgsschotter her. Die Verwitterungsdecke dieser Hochterrasse ist grau gefärbt und enthält rostbraun gefärbte, vereinzelt morsche Granitgerölle. Die Mächtigkeit des Schotters ist für ein Tälchen, das außerhalb des Glazialgebietes liegt, bemerkenswert.

Das von Diluvialschottern umringte und mit diluvialen Schotterzungen besetzte Eozängebiet von Stefanki besteht aus zwei Hauptrücken, die sich in der Kuppe 906 *m* vereinigen und durch den Okoličankabach voneinander getrennt werden. Dieses ungegliederte Plattentälchen verläuft zwischen ungegliederten Höhen, während das östliche Plattentälchen des Porubibaches mehrere Verzweigungen aufweist. Der Grundriß der beiden Plattentälchen ist eine verjüngte Wiederholung der beiden Grenztäler des Eozängebietes, des Smrečanka- und Ternovecbaches. Die im Eozängebiet eingesenkten Plattentälchen zeigen sich abhängig von den durch die diluvialen Aufschüttungen geschaffenen Niveauverhältnissen.

Der plattenförmige Rücken Stefanki 871 *m*, die Umgebung des Dorfes Poruba, der Rücken Haje bis zum Hrastlje 770 *m* herab, zeigen keinerlei Geröllspuren. Man hat hier den stark zerteilten Eozänkern der ganzen Platte vor sich. Dem Umstande, daß ihn die Gewässer der beiden schwächsten Täler der Südseite mehr umgingen als bedrohten, verdankt er seine Erhaltung.

Im Okoličanka- wie im Porubatälchen sind zwei scharfgeschnittene Terrassen mit relativen Höhen von 1 *m* und $^1/_2$ *m* entwickelt. Sie gehen im Waagtal in die Niederterrasse und Bühlterrasse über. Für die Plattentälchen liegt kein Grund vor, ein anderes Alter als für das Mutniktälchen anzunehmen. Die Eozängehänge dieser Tälchen sind unterrassiert. Die einst

etwa vorhandenen Erosionsleisten, die den Phasen der diluvialen Talbildung entsprochen hätten, wären durch Abspülung beseitigt worden.

Der Ostabschnitt der Schotterplatte: Gebiet der Bäche Ternovec, Račkova, Bela. Am Nordrand des Dorfes St. Andras finden sich an der Südspitze des Širokiriedels sämtliche Terrassen von der Hochterrasse bis zur untersten Stadialterrasse mit relativen Höhen von 12 *m*, 8·5 *m*, 1 *m*, $^1/_2$ *m*, $^1/_4$ *m*. Talaufwärts nähern sich die Kanten dem Bache; nördlich von Konska ist die Hochterrasse 8·5 *m*, die Niederterrasse 5 *m* hoch, hiervon 1·5 *m* Schotter auf Eozän.

Die Quelläste des Konskibaches, die bei Kote 787 *m* zusammentreffen, umschließen einen Gehängesporn, dessen Steilabfälle aus Eozän bestehen, dessen sanft geneigte Oberfläche mit groben Felstrümmern, die vom Gebirgsgehänge Uboč herrühren, überstreut ist. Der Höhenlage nach entspricht die Fläche der benachbarten jüngeren Decke. Die Hangüberstreuung nimmt gebirgswärts an Dichte zu.

Im Osten dieses trümmerbesäten Eozänspornes und des Konskatales erhebt sich ein langgestreckter, schmaler Rücken, in der Kuppe Martinec 849 *m* hoch. Von hier steigt er nordwärts an und vereinigt sich mit dem Gebirgsfuße. Nur an seinem Fuße von diluvialen Terrassen begleitet, ist der Rücken frei von Geröll. Unweit der Plattenmitte gelegen, ist er der einzige durchlaufende Eozänrücken, d. h. der einzige Rücken der präglazialen Eozänlandschaft, dessen Zusammenhang mit dem Gebirgsfuß erhalten blieb.[1]

An der Säge am Gebirgsausgang des Ternovectales beginnt die Niederterrasse, erst 3·5 *m* hoch, sinkt dann auf 1·5 *m* und läßt Raum für die 1 *m* hohe Bühl- und 1 *m* hohe Gschnitzterrasse. Das Plattenstück zwischen dem Ternovec- und dem Klinovkabach enthält am Ternovec eine Hochterrasse von 15 *m* Höhe. Die Plattenfläche selbst, 70 *m* über dem

[1] Die übrigen Eozänhöhen sind durch die älteren Diluvialschotter reduziert, im Jalovectal auf 3·9 *km*, Smrečankatal auf 1·1 *km*, im später zu erwähnenden Studenital auf 2·5 *km* zurückgeschoben und zwischen Ternovec und Belabach ganz beseitigt worden.

Ternovec, gehört der älteren Decke an. Die Kante der jüngeren Decke ist nur angedeutet. Talauswärts nehmen die Terrassenhöhen rasch ab. Vereinzelte Feldstücke liegen an beiden Talseiten. Noch 1 *km* vor Einmündung des Klinovkabaches in den Ternovec liegt ein vollständiges Querprofil mit relativen Höhen von 1 *m*, 1 *m*; 1·5 *m*, 7 *m*, 12 *m*, 20 *m* vor. Im Ternovectal südlich von St. Andras treten die eiszeitlichen Terrassen bis auf die Niederterrasse zurück. Letztere endet am Südsaum des Kamenec.

Die im Osten des Ternovectales sich erhebende Hochfläche Djil 830 *m* bis Mokradi 753 *m* ist das ausgedehnteste und mächtigste Schotterplattenstück des Gebietes. Die Platte senkt sich im allgemeinen von Nordost nach Südwest, erst unter $33^0/_{00}$, im Süden unter $23^0/_{00}$ Gefälle und biegt schließlich südwärts um. Am Westrande ist die Platte strahlenförmig zerteilt, ein Ausläufer lehnt sich im Süden an die aus mesozoischen Kalken aufgebaute Kuppe Skaličnje 729 *m* an, der steilere Ostrand der Platte springt in drei Ecken gegen die tieferen Schotterflächen des Belatales vor. Die Oberfläche der Platte ist durch eine breite Furche, die in einer Einsenkung im Nordosten beginnt, die Drehung der ganzen Platte mitmacht und mit einem Steilabfalle über der Hochterrasse von St. Peter endet, in zwei Hälften geteilt. Der westliche, mit Feldern, ausgedehnten Heiden und vereinzelten Waldparzellen bedeckte Landstreifen Mokradi 753 *m* ist älterer Deckenschotter, die Furche Švichrova-Noviny wird von der jüngeren Decke eingenommen, die Schotterfläche Djil-Strana 860 *m* ist ein inselförmiger Rest der älteren Decke.

Für diese Altersbestimmung der Schotter sind, da Aufschlüsse auch hier spärlich sind, die Niveauverhältnisse ausschlaggebend. Das Südende der Platte Mokradi befindet sich östlich der Kuppe Varta mit einer Kantenhöhe von 680 *m*, 60 *m* über dem Waagtal. Diesem Südende liegt ein Terrassensporn vor, der nach Süden 35 *m* über der Waag abbricht. Er gehört, wie das kleine Terrassenfeld zwischen Varta und Veling (660 *m*, 42 *m* über der Waag), der jüngeren Decke an. Gleiches Alter hat auch ein Schotterstreif östlich von Skaličnje, der im Norden, westlich von Jamnik, an dem 25 *m* hohen Aus-

läufer der älteren Decke von Lipa endet. Dieser Schotter ist vielleicht sekundärer Entstehung, d. h. im Plattentälchen des Jamnikbaches aufgeschüttet, der dem Gange der Flußkurve der Waag folgte. Der Sattel (702 *m* Originalaufnahme) zwischen Veling und Skaličnje, ein Vorsprung im Südwestabhang des letzteren (708 *m* Originalaufnahme) liegen im Horizont der älteren, ein Vorsprung im Nordwesten des Veling im Horizont der jüngeren Decke.

Der Oberlauf des Jamnikbaches zeigt die Linie an, an welcher, durch den Berg Skaličnje veranlaßt, eine Teilung des Mokradikegels erfolgte. Der westliche kleinere Teil, der Ausläufer von Lipa (735 *m* Originalaufnahme) bricht in einem steilen Bergkegel ab; die Hauptmasse wendet sich in sanftem Bogen zurück zum Belatal. Diese Richtungsänderung führt sich auf die Einwirkung des Eozängebietes von Stefanki und seiner Schottervorlage aus dem Smrečanka- und dem Ternovectal zurück. Ober Jakabfalu wird die Kante der älteren Decke schärfer. Über dem Klinovkabache ist der Abbruch der Hochfläche steil; an einem Knick im Gehänge erkennt man die Mächtigkeit der älteren Decke zu 12 *m*. Zu beiden Seiten des Klokotkabaches senken sich Schotterzungen strahlenförmig gegen das Ternovectal, mit steilerem Gefälle als es beim Hauptkegel bemerkbar. Dem Südende des nördlichen Strahles ist ein Terrassensporn, vermutlich ein Stück der jüngeren Decke, angelagert.

Das Anschlußstück des Mokradikegels an den Gebirgsfuß ist mit Trümmern überstreut und durch eine aus Trümmern aufgebaute Gehängeleiste von 5 *m* Höhe, wie sie zumeist am Gebirgsfuß vorkommt, gekennzeichnet. Die Oberfläche der hier besonders deutlichen Trümmerleiste ist bergwärts geneigt, zirka 70 Schritte breit. Der Abfall des Stufenbandes ist von der älteren Decke durch ein 30 Schritte breites, bergwärts geneigtes Flächenstück getrennt. Auch der trümmerbesäte Kegel Hrbačka, ein Äquivalent der älteren Decke, ist an seiner Nordseite gegen das Stufenband abgesetzt.

Die jüngere Decke der Furche Švichrova—Noviny beginnt in einer seichten Einsenkung etwa 40 *m* unter der Ansatzstelle der älteren Decke. Der Schotter senkt sich erst rasch, dann

langsamer im Westen von einer im Terrain wenig bemerkbaren Furche, im Osten von den Plattentälchen des Černybaches begrenzt. In der Mitte ihres Verlaufes liegt die jüngere Decke 30 *m* unter der älteren, fällt selbst sanft 12 *m* zur 3·5 *m* hohen Hochterrasse ab, unter der die Niederterrasse und die Stadialterrassen zu 1 *m*; 1 *m*, $^1/_4$ *m* entwickelt sind. Ein ähnliches Profil liegt am Ausgang des Plattentälchens. Es bestätigt sich die Erfahrung, daß die Plattentälchen, besonders die in Geröll-decken eingeschnittenen, die Aufschüttungen der Haupttäler nachbilden. Sie treten auch in den Bachrunsen der Hochfläche Noviny entgegen. Letztere fällt 30 *m* zur Schotterfläche des Belatales und 20 *m* zur Terrasse von St. Peter ab.

Östlich von der Furche Švichrova erhebt sich die Schotterinsel Djil—Strana. Diese auf Eozän ruhende und im Osten 5 *m* mächtige Schotterdecke ist völlig gleichmäßig geneigt, entspricht genau der Höhe der älteren Decke von Čudkovo und dreht sich, zwischen Strana und Djil einen Viertelkreis beschreibend, ebenso wie der Mokradikegel. Im Norden liegt die seichte Einsattlung der jüngeren Decke, die nach Osten scharf, nach Westen sanft abfällt, nur 13 *m* tiefer. Im Süden von Strana und von Djil lagern zwei Reste der jüngeren Decke dem versumpften Eozängehänge auf.

Der bogenförmige Verlauf der Schotterflächen Mokradi, Švichrova und Djil erklärt sich nicht allein aus den kräftigeren Gebirgswässern und der ansehnlicheren Schotterführung aus der nahen Hohen Tatra. Die ungewöhnliche Breite der Schotterentwicklung zwingt zur Annahme eines seither beseitigten Hindernisses in der Gegend zwischen Pribilina und Vavriso.

Dem Ostrande der Hochfläche Djil—Mokradi sind die niederen und breiten Terrassenfelder des Račkovatales angelagert. Ihr Südabschnitt ist das scharfgeschnittene Terrassenstück von St. Peter. Die vom Zadovicatälchen durchschnittene Fläche dieser Hochterrasse senkt sich gleichmäßig gegen Südwesten. An ihrem Nordende, wo ein von ihr abgeschnittener Sporn der Südspitze der Fläche Noviny anliegt, ist sie 10 *m* hoch, an der Belabrücke südlich von St. Peter 17 *m*, nördlich von der Eisenbahnbrücke 15 *m*, über dem Waagtal bei der Ziegelei 22 *m*. Am Steilrande der Terrasse ist besonders an den

Prallsteilen der Bela das Liegende der Schotter aufgeschlossen, und zwar Kalk von der westlichen Fortsetzung der Hradska hora, der auch im Flußbette an der Brücke entblößt ist. Hier ist die Schotterlage 5 *m*, weiter südwestlich 8 *m* mächtig. Später folgt als Unterlage Eozän. Am Südrande, westlich von der Ziegelei reicht das Eozän 15 *m* empor; darüber 7 *m* Schotter. Westlich von der Belabrücke 649 *m* quert ein stumpfer Rand die Terrassenfläche, über welche der Schotter auf eine 5 *m* tiefere Terrassenfläche herabgezogen erscheint. Eine zweite Senkung von 7 *m* Höhe folgt nahe dem Südrande der Terrasse. Dieser Terrassenrand ist hier 5·5 *m* hoch; 2 *m* entfallen auf Schotter. Nach Westen zu ist das Terrassenband schärfer abgesetzt und erreicht bei der Ziegelei 12 *m* Höhe. Hier folgt darüber ein Eozänausbiß von 3·5 *m* Höhe, der die Schotter 7 *m* mächtig auflagern. Die Ziegelei liegt im verflößten Hange der höheren Terrasse und baut braunen geschiebefreien Lehm ab. Die tiefere Terrasse ist ein Rest der Niederterrasse des Waagtales.

Die Enge des Belatales zwischen St. Peter und Lipto Ujvár wird von niederen Stadialterrassen erfüllt, die namentlich am linken Belaufer entwickelt sind. Die breite Terrassenfläche, auf der die Ackerbauschule von Lipto Ujvár und das Schloß am Westende der Hradska hora steht — hier läuft eine scharfe Gesteinsgrenze zwischen liegendem Dolomit und nach Nord fallenden Kalkbänken hindurch — fällt an der Belabrücke 649 *m*, wie an den Belabrücken von Ujvár 1 *m* zu einer 1 *m*, beziehungsweise $^3/_4$ *m* hohen Terrasse mit 1 *dm* Verwitterungsdecke ab. Spuren einer dritten kleineren Terrasse sind angedeutet.

Östlich von der Ackerbauschule erhebt sich ein Terrassensporn, an dessen Fuß in der Straßengabel auf 3·5 *m* Schottersockel ein Niederterrassenrest liegt. Darüber folgen Terrassen mit Vertikalabständen von 15 *m* (Hochterrasse, hiervon 10 *m* Eozän), 10 *m* und 20 *m*. In die Lehmkappe der Hochterrasse ist ein Ziegelofen eingebaut. Der Lehm besteht zu oberst aus einer $^1/_2$ *m* hohen grauen Schicht; darunter folgt brauner, horizontal geschichteter Lehm. Die oberste Terrasse zieht 1400 *m* ins Waagtal hinein und dürfte der jüngeren Decke gleichzustellen sein.

In der Waagtalenge zwischen Potornya und Lipto Ujvár, welche das Durchfließen der Schotter behindert hat, scheinen die jüngeren Schotterflächen, da der Kegel Mokradi ihr Ausweichen unmöglich machte, einander näher gerückt zu sein.

Das Niederterrassenfeld Vavriso—Pribilina setzt sich aus einer Reihe einzelner Terrassenflächen zusammen, die nur durch geringe Vertikalabstände voneinander getrennt sind. Die Terrassenflächen senken sich nach Südwesten, aber auch schwach gegen Westen und bilden mit dem Ostabfall der Djil—Noviny-Höhen eine seichte Furche, die der Mlinskybach durchmißt. Das höchste Terrassenfeld reicht am weitesten nach Norden und bricht mit scharfer Kante östlich von der Hauptkirche von Pribilina 7 *m* hoch, am Nordostende des Dorfes in drei Stufen zu durchschnittlich 1 *m* Höhe zur Bühlterrasse ab. Der geröllbestreute Abfall, an dem der Eozänsockel nirgends sichtbar wird, verläuft bis zur Ecke, 300 m südlich Kote 737 *m*, weicht dann stark nach Südosten zurück, an seinem Rande von einer Abzweigung des Belabaches, der sich später bei Vavriso mit dem Mlinskybach vereinigt, begleitet. Der Grundwasserstrom, der sich zu dieser Abzweigung senkt, hat durch einige hervorquellende Bäche die Terrassenoberfläche unduliert. Das ganze Terrassenfeld mit 3 *dm* Verwitterungsschicht stammt aus dem Račkovatale und wurde unter dem Einfluß der Bela und unter Beseitigung der Hochterrasse nach Westen geschoben.

Ein zweites 2 *m* niedrigeres Teilfeld lehnt sich an der Ecke südlich von Kote 737 *m* an das Teilfeld von Pribilina an. Weiter im Süden ist die Niederterrasse in vier Teilfelder mit Vertikalabständen von je 1 *m* bis 1·5 *m* aufgelöst, wobei auch der stellenweise auf 2·5 *m* ansteigende Rand östlich von Vavriso mitgezählt ist. An einer Stelle fällt das Feld 3·5 *m* (mit 2 *m* Eozänsockel) zur Waag ab.

Kote 688 *m* liegt an der Grenze eines dritten schmalen Teilfeldes. Die Kanten der Teilfelder konvergieren nach abwärts, ein Übergreifen der jüngeren Flächen über die südlichen Partien der älteren ist nicht ausgeschlossen. Der Grundriß der Teilfelder ist schuttkegelförmig mit der Spitze im Nordosten, der breiten Fläche im Südwesten. An ihrem Südende ver-

schmälern sie sich, biegen um und verschmelzen miteinander, nachdem sie, wie es scheint, die Einbuchtungen des Ostrandes der Hochterrasse von St. Peter erzeugt haben.

Der alte Steilrand an der Westseite des Niederterrassengebietes zeigt unter der Einsenkung der älteren Decke ein steil abfallendes, unter dem Djil ein versumpftes, sanftes Eozängehänge und beschreibt unter der Hochfläche Noviny, deren Senkungsrichtung angepaßt, einen Bogen nach Süden. Seine Fortsetzung bildet der bogenförmige Abschluß des Mokradikegels. Beide Bogen sind ein vergrößertes Abbild des Steilrandes der Hochterrasse bei St. Peter. Der Nordabschnitt der Bögen wird durch den Mokradikegel, der Südabschnitt durch das Streben der Belagewässer, die die Talrichtung querende Hradska hora zu umgehen, gebildet.

Östlich von Pribilina erhebt sich über der Bühlterrasse eine Niederterrasse von 5 *m* Höhe. Sie entspricht dem zweiten Teilfeld und erfüllt mit gleichem Vertikalabstande die Bucht von Dovallo.

Die zwischen den Niederterrassenrändern liegenden Stadialterrassen haben bei Pribilina Höhen von 1 *m*, 1 *m*, $^1/_2$ *m*. Die Bühlschotter werden von Hutweiden und einzelnen Feldern, die Gschnitzterrassen von Gesträuch eingenommen.

Östlich vom Belabache erhebt sich der langgestreckte Schuttkegelrest Sihot. Er ist eine Aufschüttung des Belabaches und stammt von den Südwestgehängen der Hohen Tatra. Seine Senkungsrichtung macht dieselbe Beugung wie der Mokradikegel durch. Diese Beugung wird durch die Änderung der Laufrichtung der Bela sowie durch die Ecke seines Steilrandes (Palenica) auffällig. An dieser Ecke reicht das liegende Eozän an der 27 *m* hohen Terrasse hoch empor. An der Straße nach Kokava liegt die Kante der Terrasse gleichfalls 27 *m*, und zwar über der Niederterrasse; die Schottermächtigkeit beträgt hier nach Quellpunkten, die den Eozänausstrich zeigen, 12 *m*.

Die Verwitterungsschicht beträgt im Straßeneinschnitte 1·3 *m*, 1·5 *m* und 1 *m*, weiter im Süden sogar 1·7 *m*. Die oberen 60 *cm* sind zum Teil grau, zum Teil braun, die unteren Partien kräftig rotbraun gefärbt und horizontal geblättert. In der braunen, bröckligen Masse sind noch hie und da Umrisse von Granit-

geröllen, aus denen die Quarzkörner noch deutlich hervortreten, sichtbar. Die Grenze gegen das frische Gerölle ist ziemlich scharf, wenn auch nicht horizontal, sondern wellig. Eine stärkere Neigung zur Sackbildung ist hier noch nicht bemerkbar. Die angrenzende Lage des frischen Gerölles hat bereits morsche Granitstücke, während sich in der Lehmdecke selten frische feste Gerölle erhalten finden.

Die angegebene Schottermächtigkeit hält sich eine Zeit lang, um östlich von Vavriso auf 8·5 *m* zu sinken und südöstlich von Vavriso eine kleine Steigerung von 10 *m* zu zeigen. Die sehr ruhig sich senkende Terrassenoberfläche zeigt im südlichen Teile auch eine leichte Neigung gegen Osten. Der Höhe und der Verwitterungsschicht nach wird man die Terrassenfläche der jüngeren Decke zurechnen müssen.

Der Steilrand der Terrasse Sihot ist an zwei Stellen bemerkenswert. Die Bela hält sich nahe dem Terrassenabfalle und erreicht an zwei Stellen, den Streif der dazwischen gelagerten Stadialterrassen durchbrechend, den Steilrand selbst. Über diesen Prallstellen der Bela weicht die Terrassenkante halbkreisförmig zurück und umschließt ein niedergebrochenes Terrassenstück. Da die Bela den Effekt ihrer Untergrabung nicht weiter beseitigt hat, liegen hier zwei Phasen der Entwicklung dieser Gebilde vor. An der nördlichen Prallstelle hat sich die abgebrochene Terrassenkante in ihrer neuen Lage gefestigt und ist bewachsen. Die Oberfläche besteht aus einer Reihe scharfkantiger, leicht gebogener Wälle, die sämtlich parallel zur Terrassenkante laufen, an ihren Enden sich zum Teil in kleine Kuppen auflösen und Rinnen einschließen, aus denen sich kleinere Kuppen von elliptischem Grundriß erheben. Die ganze Oberfläche zeigt nur Geröll. Das verrutschte Eozän quillt nur im Sockel der Schlipfwälle auf.

An der zweiten, frischeren Prallstelle geht die Abklüftung noch jetzt vor sich. Klüfte, die sich von 1 *dm* bis auf 1 *m* verbreitern, begleiten den gebogenen Bruchrand; zwischen den nächsten 2 bis 5 *m* tief abgesessenen Stücken klaffen noch die Risse. Noch tiefer kehren sich infolge des Ausgleitens der Unterlage die Terrassenkanten nach oben, während die zugehörigen alten Oberflächen bergwärts geneigt sind. Auf diese

Weise entstehen die auffälligen Schotterwälle. Der Abbruch der Kante muß an der zweiten Prallstelle unlängst erfolgt sein, da auf einem Walle eine windschief gestellte Fichte weiterwächst. Am Bache liegt ein Eozänwulst mit unruhiger Oberfläche. Die Kenntnis dieser moränenähnlichen Schlipfwälle erleichtert im Eozängebiete die Unterscheidung wahrer Moränen.

Im Osten des langgestreckten Schotterfeldes Sihot, durch den Dovalovbach von diesem getrennt, erhebt sich ein höheres Terrassenfeld, das das erstgenannte in der Fläche Brezini und Na Plesi um 30 bis 10 *m* überragt, eine Strecke von fast 3·5 *km* mit letzterem Vertikalabstande hinzieht und sich dann über den schmäler werdenden Streifen des Sihotfeldes, dessen Nordende mit 35 *m* Abstand vom Bache gegenüber dem Ausgang des Tychatales liegt, auf 40 *m* Vertikalabstand aufschwingt. Nach der Höhenlage hat man es hier mit der älteren Decke zu tun.

Die Senkungsrichtung der älteren Decke gibt Aufschluß über die alten Entwässerungsverhältnisse.[1] Im allgemeinen folgt die Senkungsrichtung annähernd parallel der jüngeren Decke Sihot und dem Belalaufe. Der Südostrand der älteren Decke zerteilt sich an mehreren Stellen strahlenförmig. Der Westrand senkt sich mit dem Schotterarm Brezini in ein fremdes Talgebiet, ein Verhältnis, das an den Schotterarm Lipa des Mokradikegels erinnert. Ein zweiter Arm: »Nakonec haju« läuft von der Nordostseite der Hradska gora aus. Der Ausläufer Janoho mlaki, welcher der Hauptrichtung am besten entspricht, endet 70 *m* hoch über dem Waagtale im Norden der Haltestelle Király Lehota. An dieser Stelle läßt die ganze Situation einen Einbruch der Belaschotter in das Waaggebiet erkennen, wobei der Zusammenhang der Kalkhöhen im Norden des Waagtales zerrissen und die Hradska gora isoliert wurde. Dieser Einbruch in die Kalkzone ist nicht der einzige. Die Fortsetzung der Hradska gora ist der Kalk im Sockel der

[1] Daß man es südlich von Brezja noch mit einer diluvialen Schotterdecke auf dem Eozän zu tun hat, folgere ich aus den Gefällsverhältnissen auf der Originalaufnahme 1 : 25.000, da diese Gebiete außerhalb der geologischen Spezialkarte von Prof. Uhlig und meines Aufnahmegebietes liegen.

Hochterrasse an der Belabrücke 649 *m*, ferner die Kuppen Veling 725 *m* und Skaličnje. Hier liegt ein zweiter, wichtigerer Einbruch als jener nördlich der Haltestelle Király Lehota vor, da ersterer bis auf den heutigen Tag benützt wird und den größten Teil sämtlicher Diluvialschotter des Belagebietes der Waag zuführte. Offenbar hat dieser Einbruch von Lipto Ujvár vor dem östlichen den Vorzug erhalten, weil der Kalkzug im Westen weniger mächtig war.

Der von zeitweiligem Erfolge begleitete Versuch der alten Belagewässer, im Osten durchzubrechen, muß seine Ursachen gehabt haben. Einigen Aufschluß darüber gibt die Betrachtung des westlichen Steilrandes des Schotterfeldes Na Plesi. Dieser Steilrand ist eine vollendete Kopie des Sihotsteilrandes. Wie dieser ostnordöstlich von Pribilina in der Palenica, so weist jener in der Hochfläche Brezini, ostnordöstlich von Kokuva, eine Erosionsecke auf. Die Bildung der Erosionsecke Palenica ist eine Folge der Einmündung der Račkova in die Bela gewesen. Dasselbe gilt auch von der Bildung der Erosionsecke Brezini. Daher lag die Einmündungsstelle der Račkova in die Bela zur Hochterrassenzeit 400 *m* ostsüdöstlich, und in der Zeit der Bildung der jüngeren Decke 2·3 *km* südöstlich von der heutigen Einmündungsstelle. Daraus folgt, daß der Raum der Diluvialschotter am rechten Belaufer zwischen Račkova- und Tychatal in der älteren Diluvialzeit sehr breit war und dann schrittweise enger wurde. Diese Verkleinerung des Ablagerungsraumes, das Ausweichen des Mokradikegels, das Vordringen des »Janoho mlaki«-Armes gegen das Waagtal, endlich die unverhältnismäßige Breite des Mokradi- und Na-Plesi-Kegels, drängen zur Annahme, daß die älteren Schotter des Belagebietes ein Hindernis zu umfließen hatten, welches in einer seither völlig beseitigten Eozäninsel in der Gegend zwischen Vavriso und Pribilina zu suchen ist. Dies dürfte an dieser Stelle die teilweise Ausnahme der für die Diluvialzeit wiederholt geltenden Regel, daß in den jüngeren Formen der Diluvialzeit die älteren Formen verkleinert nachgebildet sind, erklären.

Zwischen dem Ostabfall des Berges Strana 866 *m* und dem Tychatale dehnt sich ein den Gebirgsfuß begleitender, ostwärts sich verschmälernder Schuttkegelstreif, der stellenweise von

Inseln älteren Gesteins[1] unterbrochen wird. Diese von Prof. Uhlig nachgewiesenen mesozoischen Schollen am Bruchrande des Gebirges sind der Suchy Hradok 1203 *m* und die Kuppe 1028 *m*, welche Schotterkegel trennen. Auf die letzte Kuppe stützt sich der Schotterkegel des Kamenistatales. Sämtliche Kegel mit Ausnahme des Račkovakegels senken sich quer zum Belatale und schwenken dann in seine Richtung ein. Der große Račkovakegel lenkt dagegen die Belarichtung ab.

Der Račkovakegel senkt sich nach der Spezialkarte in zwei Stufen (die eine nördlich von Pribilina, die andere nördlich von Kote 840 *m*), die aber in Wirklichkeit nicht Terrassenkanten, sondern Partien gesteigerten Gefälles entsprechen. Der Kegel ist vom Alter der Niederterrasse und läuft, von der Račkova in zwei Armen unter Vertikalabständen von 3 bis 5 *m* durchschnitten, in die Niederterrasse von Pribilina aus. Der Westabschnitt des Kegels biegt um die Ecke Kopanice nach Südwesten um und ist von zwei Furchen begleitet, von denen die östliche der Gabelung des Grundwasserstromes der Pribilina, die westliche dem Grundwasser der Nische westlich von Kopanice ihre Entstehung verdankt.

Östlich der Račkova steigt aus dem Tälchen nördlich von Lehotnik ein mit Fichtenwald, Heiden, Wiesen und zahlreichen Heuschuppen besetzter Niederterrassenkegel herab, der sich mit dem Račkovakegel vereinigt. Der Ostrand des Kegels ist durch den Lehotnikbach scharf zugeschnitten. Der Terrassenrand biegt dann mit scharfer Ecke im Bogen gegen Westen um, nähert sich der Niederterrasse und verschmilzt endlich mit dieser. Es liegt hier der seltene Fall vor, daß die Unterschneidung einer Terrasse durch eine Terrasse derselben Bildungszeit, nämlich ein jüngeres Teilfeld der Niederterrasse herbeigeführt wurde.

Die östliche Fortsetzung des Lehotnikkegels ist die Hochfläche Zahatja, deren südlicher Steilrand derselben Untergrabung wie der genannte Schuttkegel unterworfen war. Nordwärts geht die Fläche in den Schutthang Rakitini über, während im Rücken Skalka fester Fels ausstreicht. In der folgenden, durch

[1] Siehe geologische Spezialkarte.

die Konvergenz mehrerer Gebirgsbäche erzeugten Einbuchtung sind einige Terrassensporne gut ausgebildet. Aus der Einbuchtung tritt ein Niederterrassenkegel hervor, der sich zur Bela senkt, dieser entlang zieht, die erwähnte Untergrabung bewirkt und knapp östlich der Račkova endet. Das folgende Feld Zahradistje hat zwar die gleichmäßige Neigung eines Schuttkegels, besteht aber, was bereits die geologische Spezialkarte der Tatra zum Ausdruck bringt, völlig aus Eozän. Erst weiter im Osten stellt sich der breite, den Raum bis Kote 1028 *m* fast ganz erfüllende Niederterrassenkegel des Bystratales ein, der in einem der Bela entlang ziehenden Lappen endet und über dem Bystrabache sich bergwärts steigernde Terrassenabfälle von 3 bis 10 *m* aufweist.

An den Niederterrassenkegel des Bystratales grenzt im Osten der Niederterrassenkegel des Plesnabaches und seines unbenannten östlichen Nachbars. Nahe dem Gebirgsfuße hat die Niederterrasse 3·5 *m*, die Bühl- und Gschnitzschotter 1 *m* und $^1/_4$ *m*. Am östlichen Bache finden sich dieselben Terrassen, nur niedriger. Der im Nordosten der Kalkkuppe 1028 *m* gelegene Sattel ist von Urgesteingerölle bedeckt, das wahrscheinlich älter als der Niederterrassenkegel des Kamenistatales sein dürfte. Der Ostflügel dieses Niederterrassenkegels bricht wie sämtliche der bisher aufgezählten Schuttkegel dieses Streifens, mit 14 *m* hohem Steilrande zur Bühlterrasse, auf der das Hegerhaus Pod Kamenista steht, ab. Weiter im Osten fällt die als Weidegebiet benützte, stellenweise bewaldete Terrasse mit 12 *m* Schotter und 3·5 *m* Felssockel zur Waag ab, verschmälert sich gegen Osten und endet an der Mündung des Tychatales. Der ungewöhnlich hohe Steilrand der Niederterrasse wird hier veranlaßt durch die Stadialschotter des Belatales, welche den Saum der Schuttkegel unterschnitten haben. Unter den Stadialschottern nehmen die Bühlschotter auch im mittleren Belatale größere Flächen als die Gschnitzschotter ein.

Das im Osten das Aufnahmsgebiet begrenzende Tychatal schneidet am tiefsten von allen Tatratälern in das Gebirge ein. Es durchschneidet das ganze Granitmassiv und verlegt seine Quelläste zum Teil auf die nördliche Kalkzone. Das Tychatal liegt eben an jener Stelle, wo der Grundriß der Urgesteinsmasse

eine Einschnürung erfährt und zwischen den ursprünglichen Erhebungsmassen der Liptauer Alpen und der Hohen Tatra ein Sattelgebiet anzunehmen ist.

In dem bis 230 *m* breiten Tale hat der Tychabach zwischen den Schuttkegeln der Seitentäler einen geschlängelten Verlauf. Am rechten Ufer zieht vom Talende erst ein Schuttsaum dem Berggehänge entlang. Dann folgt ein steiler Schuttkegel, der mit 6 *m* hoher Abrißkante über einem ihm eingelagerten kleineren Schuttkegel endet, welcher auf die begrünte Talterrasse ausläuft und mit dieser am Bachrand $1^1/_2$ *m* hoh, zu einer gleichfalls $^1/_2$ *m* messenden kleineren Terrasse abbricht. Man hat hier einen angeschnittenen Niederterrassenkegel, Bühl- und Gschnitzschotter vor sich. Das linke Ufer wird von einer 1 *m* hohen, waldbedeckten Bühlterrasse begleitet.

An der Mündung des ersten Seitentales steigt ein zur Bühlzeit unterschnittener Niederterrassenkegel mit 15 *m* Abrißkante zum Haupttale herab. Die anschließende Rasenfläche mit einer auf der Karte nicht verzeichneten Hirtenhütte ist Bühlschotter. Aus dem Koprovicatale steigt ein auf der geologischen Spezialkarte als diluvial ausgeschiedener Niederterrassenkegel herab, der an seiner gebogenen Fußlinie eine Unterschneidung von 8 bis 10 *m* Höhe zeigt. Der Niederterrassenkegel des Hlintales bricht an der Stelle, wo er in das Haupttal heraustritt, 17 *m* hoch über dem eingelagerten Bühlkegel ab. Dessen Kante liegt 2·7 *m* über dem Bach, an dem noch die 1 *m* hohe Gschnitzterrasse entwickelt ist. Gegenüber der Mündung des Hlinbaches liegt ein Trümmersaum, dem unteren Ende eines den Graben südwestlich der Kote 1720 *m* erfüllenden Trümmerkegels mit unterirdischer Entwässerung. Die starken, kalten Quellen brechen am Westrande des Schuttes wenig über dem Bachspiegel hervor. Der Schutt stammt aus der Bildungszeit der Niederterrasse.

In der Nordhälfte des Tychatales sind die Schuttkegel kleiner, aber häufiger als bisher. Der Niederterrassenkegel unter der Kniažowa zeigt eine 22 *m* hohe Abrißkante. Der Kegel gegenüber dem Spaniatale zeigt drei bogenförmig begrenzte Anrißflächen, die in scharfen Kanten zusammenstoßen. Die nördlichen, geröllüberstreuten Anrisse von frischerem Aussehen

wurden erst zur Gschnitzzeit gebildet; ihnen ist die 1 *m* hohe Gschnitzterrasse angelagert. Dem südlichen, bewachsenen Anriß, mit 12 *m* hohem Abfall, ist die 2 *m* hohe Bühlterrasse angelagert (Fig. 1). Ein zweiter Niederterrassenkegel mit verschieden alten Anrißflächen liegt weiter im Norden. Beide Kegel haben im übrigen unverletzte Oberflächen. Ihre Spitzen liegen an den unteren Enden von Felsrinnen, die sich nicht in die Kegeloberfläche fortsetzen. Es fehlen daher sowohl die Einschnitte der Interstadialzeiten wie die eingelagerten Schuttkegel der Stadialzeiten. Die Rinnen selbst sind steil, eng, begrünt und stellenweise felsig. Sie beginnen oben am Bergkamm, ohne die Wasserscheide zurückzubiegen. Es fehlt ihnen ein eigentliches

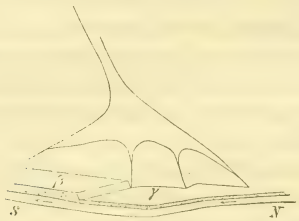


Fig. 1.

Würmschuttkegel durch Bühl- (β) und Gschnitzterrasse (γ) unterschnitten (Tychatal).

Sammelgebiet und heute sind sie trocken. Wahrscheinlich führten sie auch in der letzten Eiszeit kein Wasser und die Kegel wurden wahrscheinlich ausschließlich durch Schmelz- oder Hochwasserschutt aufgebaut. Zur Bühl- und Gschnitzzeit wurden nur dünne Lagen aufgetragen, die schuppenförmig den Niederterrassenkegel überlagern.

Auf der linken Talseite kommen die Schuttkegel, von denen zwei auf der geologischen Spezialkarte dargestellt sind, aus größeren Gräben, führen daher wieder Einschnitte mit Stadialterrassen. Die Gschnitzterrasse verbreitet sich zuweilen über den Talboden; an vereinzelten Punkten finden sich unbedeutende Spuren einer Daunterrasse.

Zu besprechen bleiben noch die niederen Alluvialflächen zu beiden Seiten der Waag und der Terrassenrand am linken

Waagufer. Zu beiden Seiten der Belamündung dehnt sich die Bühlterrasse aus, die an ihrem Rande 1 *m* hoch zu einem schmalen Streifen der $^1/_2$ bis 1 *m* hohen Gschnitzterrasse abfällt. Wo die Bela in die Waag fließt, hat die Mündung dieselbe Beschaffenheit wie am Jalovec. Die Bela beginnt auf angesammelter Schottermasse etwa 30 *m* oberhalb der Einmündung rascher zu fließen; über eine Schotterstufe von 2 *dm* Höhe fällt sie in die Waag. Vom Berührungspunkte weg zieht ein Kamm lebhaft wirbelnden Wassers abwärts; zu beiden Seiten des Kammes und weiter unterhalb ist das Wasser ruhig und spiegelglatt, nur da und dort von aufsteigenden Wirbeln bewegt. Gewiß unterschneiden die dunkelolivengrünen Wässer der Waag das von grünem Wasser durchflossene Bett der Bela und bilden eine kleine Schottermündungsstufe.

Die von Feldern und Auwaldungen bedeckten Bühl- und Gschnitzterrassen nehmen von der Belamündung abwärts das rechte und von Magyarfalu an auch das linke Waagufer ein. An der Waagbrücke 611 *m* entspringt einem Einschnitt der Bühlterrasse eine Schwefelquelle. Die Bühlterrasse mißt hier über der niederen Gschnitzterrasse $^3/_4$ *m*. Magyarfalu liegt auf der Bühlterrasse. Im Süden des Dorfes zieht der 1·7 *m* hohe schmale Streif der Niederterrasse dem 12 *m* hohen Abfalle des weithin ausgedehnten Hochterrassenrandes entlang. Über der Hochterrasse liegt westlich von Szt. Iván der 16 *m* höhere Rest der auf Eozän lagernden jüngeren Decke; 10 *m* höher findet sich noch eine weitere, 3 *m* dünne Schotterlage. Der Hochterrassenrand am linken Waagufer schwankt in seiner Höhe zwischen 12 und 20 *m*. Die Niederterrasse hat am linken Waagufer an der Waagbrücke im Westen von St. Miklos eine Höhe von 3 *m* über der Bühl- und Gschnitzterrasse zu je 1 *m*. — Die Diluvialschotter sind zu beiden Seiten der Waag asymmetrisch entwickelt. Am linken Waagufer erstreckt sich der Rand der Hochterrasse zusammenhängend von Potornya bis Kis-Palugya, einzelne Felder der Niederterrasse sind erhalten. Am rechten Waagufer sind Hoch- und Niederterrasse bis auf wenige geringe Reste beseitigt. Den Talboden der Waag nehmen die alluvialen Bühl- und Gschnitzschotter ein.

Das Bühlschotterfeld von Potornya dehnt sich bis zum Ternovecbache aus. Dann folgen drei durch Bäche getrennte Feldstücke bis zum Smrečankabache. Die Senkungsrichtungen dieser Schotterflächen drehen etwas gegen Südwesten bei. Am stärksten ist dies beim Feldstücke Veselova zu bemerken. Das Bühlschotterinselchen westlich von Okolicsno hat 1·3 bis 1·5 *m* Höhe über der hier sehr niedrigen Gschnitzterrasse, die mit Gras bedeckt teils schmale Bänder am Rande der Bühlterrasse, teils Waaginseln bildet.

Die Schotter der Nordseite. Das dreieckförmige Schotterfeld von Zakopane ist bereits auf der geologischen Spezialkarte als Diluvialschotter ausgeschieden und von Partsch[1] als Niederterrasse bezeichnet worden. Mit dieser Auffassung stimmen meine Beobachtungen überein.

Das Niederterrassenfeld von Zakopane ist durch sämtliche vom Giewont 1900 *m* und seinen Ausläufern kommenden Gebirgsbächen zwischen Malalaka- und Bystrabach aufgeschüttet worden. Im Norden von Zakopane bricht die Niederterrasse 8 *m* hoch zu den Stadialterrassen von 1 *m* und $^1/_2$ *m* an der Cichawoda ab. Im Osten der Kirche ist die Niederterrasse 6 *m* hoch. Der Eozänsockel der Stadialterrassen ist südlich von Zakopane in dem ersten Seitentälchen westlich von der markierten Wegabzweigung ins Biala-Krokiewtal gut aufgeschlossen. Im Abfall der 1 *m* hohen Bühlterrasse verläuft ein Eozänausstrich zirka 20 *cm* über der 1 *m* hohen Gschnitzterrasse, deren Schotter auf 60 *cm* Eozän aufruht. Dieses typische Profil für Stadialterrassen (Fig. 2) zeigt, daß sie Aufschüttungsterrassen sind, deren Bildungszeit durch eine Zeit der Erosion getrennt war. Der Gang der Erosionskurven war in der Stadialzeit von derselben Art wie in den Eiszeiten; die Schwankungen waren nur von geringerer Amplitude. Die Niederterrasse hat hier eine Höhe von 3·5 *m* über dem Bache. Südwestlich von Zakopane betragen die Vertikalabstände 1·7 *m*, $^3/_4$ *m*, $^1/_2$ *m*.

Zwischen dem Kościelisko- und Czarny-Dunajectale erstreckt sich am Gebirgsfuß ein dem vorigen ähnliches Schotter-

[1] Partsch, Die Eiszeit in den Gebirgen Europas zwischen dem nordischen und dem alpinen Eisgebiet. Verh. d. Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte. Leipzig 1904, p. 5 des Sonderabdruckes.

dreieck, das einige Bäche zerschnitten haben. Am Ausgange des Kościeliskotales erheben sich zu beiden Seiten der Straßenbrücke zwei Terrassen, die obere mit 2 *m*, die untere mit $^1/_2$ *m* Vertikalabstand; die obere ist bewaldet und reicht vom östlichen Czarny-Dunajec bis zur Straße und zum Gebirgsfuß. Es ist Niederterrasse, die sich um ein kleines, westlich vom Straßenbuge gelegenes, 6 *m* hohes Stück der Hochterrasse herum bis an den Lejovbach ausdehnt. Das Profil am Lejovbach zeigt am linken Ufer die Niederterrasse mit 1·7 *m*, darunter eine $^1/_2$ *m* hohe Terrasse, sowie 4 *m* über der Niederterrasse zu beiden Talseiten eine geröllfreie Felsterrasse.

Im Westen des Lejovbaches liegt 8·5 *m* über der Niederterrasse eine lehmbedeckte Terrasse, deren Fläche von Bächen umrandet und in zungenförmigem Grundriß sich langsam gegen

Fig. 2.

Profil durch Bühl- (β) und Gschnitzschotter (γ) bei Zakopane (*e* = Eocän).

Norden senkt und gegen Westen mit 14 *m* hohem geröllbedecktem Steilabfalle über der stark versumpften Niederterrasse des westlichen Czarny-Dunajec abbricht. Auch dem Nordende dieser Hochterrasse ist die Niederterrasse vorgelagert.

An der Nordspitze des Schotterdreieckes hat die Niederterrasse an den beiden Straßenbrücken 1·5 bis 1·7 *m* Höhe (Stadialschotter: $^3/_4$ *m*, $^1/_2$ *m*, 10 *cm*). Im Westen liegt ein Terrasseneck, vielleicht Hochterrasse. Darüber erhebt sich ein den westlichen Czarny-Dunajec begleitender schotterbedeckter Riedel 20 *m* hoch, wahrscheinlich vom Alter der jüngeren Decke.

An der Mündung des Kościeliskotales fällt die den Talboden bildende Terrasse in Absätzen von 1 *m*, $^1/_2$ *m* und 1 *m* zum Bache ab. Im Süden der folgenden Talenge dehnt sich ein 1·5 *km* langes und bis 200 *m* breites Terrassenfeld von 1 bis 1·7 *m* Kantenhöhe aus, mit angelagertem Terrassenrest von

$^1/_2$ *m* Höhe. Auf die begrünte Terrassenfläche senken sich vom Mietusiakamme zwei unverletzte Schuttkegel gleichfalls vom Alter der Niederterrasse. Die Terrassenfläche wird von zwei seichten versumpften Furchen durchzogen, deren westliche wenigstens, wie ein künstlicher Aufschluß zeigt, eine vertorfte Altwasserfurche darstellt. An der nächsten Dunajecbrücke im Süden haben Gschnitz-, Bühl- und Niederterrasse Kantenhöhen von $^1/_4$ *m*, $^3/_4$ bis 1 *m* und 1 *m*. 20 *cm* über der Gschnitzterrasse streicht der Kalksockel der Bühlterrasse durch. Westlich der Brücke liegt der dreieckförmige Rest einer Niederterrasse. Ähnliche Profile finden sich im Süden. Die Höhe der Niederterrassenkante über der Bühlterrasse schwankt zwischen 1·5 und 1·7 *m*. Das Kreuz und die Kapelle liegen auf der Bühlterrasse. Der vom Kominy herabkommende Schuttkegel hat eine Abrißkante von 12 *m* Höhe.

Südlich des Bildstockes folgt eine zwischen hohen Kalkwänden eingesenkte Talenge. An der Brücke der Alphütte Pisana hat die Niederterrasse 1·7 *m*, der Bühlschotter 1 *m* Höhe. Die Niederterrassenkegel der Seitenschluchten zeigen eingelagerte Bühlkegel.

Südlich von der Alpe Pisana liegen in den dicht an den Bach herantretenden Felswänden kleine Höhlen. Am rechten Ufer bricht neben einer kleinen wasserlosen Höhle aus einer zweiten Öffnung knapp am Bache ein starker Quell hervor, der das ganze Jahr über fließen und sich bei Regenwetter trüben soll. Man würde hier zunächst an eine »Vaucluse quelle«[1] denken, entstanden durch Anzapfung des Grundwasserniveaus. J. Pawlikovski soll in einer mir nicht zugänglichen Arbeit die Ansicht vertreten, daß ein vom Czarny-Dunajec in den Kalkfels hinein abzweigender und unterirdisch verlaufender Wasserstrang an dieser Stelle wieder zum Vorschein kommt. In der Tat liegt weiter im Süden ein durch bewachsene Felstrümmer maskierter Höhleneingang. Zu beiden Seiten der Klamm finden sich in 7 bis 10 *m* Höhe Kalkvorsprünge, wie an der Mündung des Lejovgrabens. Es sind wahrscheinlich Sockelreste der zerstörten Hochterrasse. An der linken Talseite öffnen sich an

[1] Grund, Karsthydrographie: Penck's Geogr. Abh., 7, 3, p. 179.

steiler Felswand 50 bis 60 *m* über dem Dunajec vier Höhlenmündungen. Die erste Höhle ist kurz und verläuft sackförmig. Die drei übrigen Höhlenmündungen von gleichem Niveau sind miteinander durch ein 40 Schritt langes, niederes, bogenförmiges Gangstück verbunden, so zwar, daß die beiden im Süden gelegenen Eintrittsstellen rasch in den gemeinsamen Gang münden. Die Höhlen zeigen Spuren von Flußgeröllen. Zur Bildungszeit der älteren Decke mag der Dunajec in diesem Niveau 60 *m* über Tal — geflossen sein. Ein abzweigender Wasserstrang dürfte (wie heute im Tale) die Höhle gebildet haben. Die Schluchttiefe von 60 *m* stellt für diesen Punkt die Erosionstiefe des Eiszeitalters dar.

Im Tale des westlichen Dunajec zeigen die Terrassen am Talausgang Höhen von 1 *m* und $^1/_2$ *m*. Im Talinnern steigern sich die Höhen etwas. Der schöne, blaue Quelltopf des Czarny-Dunajec am Fuße einer Felswand scheint eine Vauclusequelle[1] zu sein. Nahe der Kote 1035 *m* liegen am rechten Ufer kleine Höhlenmündungen. Eine derselben führte kaltes Wasser; sein durch den Straßendamm gestauter Spiegel lag etwas höher als das Bachwasser. Spuren von etwa 3 *m* höher gelegenen, nunmehr trockenen Quellaustritten sind am rechten und linken Ufer bemerkbar.

Das ausgedehnteste Schottergebiet der Nordseite liegt bei Habovka. Es ist von besonderem Interesse, da hier sämtliche diluviale Schotter entwickelt sind.

Im Norden der Kirche von Habovka setzt ein 28 *m* hohes Schotterfeld ein, das sich als schmale Leiste mit langsam sinkender Kante talauswärts verfolgen läßt. Der Berghang ist in die Schotteroberfläche verflößt; die Lehmdecke, unter diesem Einfluß besonders mächtig, dürfte 2 *m* betragen. Der Felssockel des Schotters ist 10 *m* hoch und besteht aus westfallenden Eozänbänken. Diese Terrasse, wie das gleich hohe, kleine Schotterfeld östlich von Habovka gehören der jüngeren Decke an.

Der südliche Teil von Habovka liegt auf der Niederterrasse, die hier 30 *cm* tief verwittert ist und mit Vertikalabstand von

[1] Grund, l. c.

7 *m* zur 1·2 *m* hohen Bühlterrasse abfällt, der stellenweise die Gschnitzterrasse mit 1 *m* anlagert. Zum weniger tief eingesenkten Blatnabach fallen die Terrassen des Studenibaches in Stufen von 1·7 *m*, $^3/_4$ *m* und $^1/_2$ *m* ab. Die nördliche Kirche von Habovka liegt auf einer 10 *m* hohen Hochterrasse mit 7 *m* hohem Eozänsockel.

Über der Mühle am Westrande des Dorfes Zuberec liegt eine Schottermasse von 3·5 *m* Mächtigkeit konkordant auf südfallenden Eozänbänken, deren obere Kante 13·5 *m* über dem Bache liegt. Die Oberfläche des Schotters ist mit Eozänschutt und Lehm bedeckt. Eine geröllfreie Eozänterrasse liegt 13·6 *m* höher. Vermutlich liegt hier ein abgesunkenes und schräggestelltes Stück der jüngeren Decke vor. Jedenfalls bezeichnet dieser Punkt den Rand älterer Schotterausdehnung.

Die Niederterrasse von Habovka liegt im Süden des Dorfes nur 1·5 *m* über der Bühlterrasse, die zu beiden Seiten des überbrückten Studenibaches 1·5 *m* hoch ist. Sie hat am linken Ufer des Studenibaches eine gleichförmige Verbreitung zu beiden Seiten der Niederterrassenzunge von Zuberec. An der Terrassenecke des Konfluenzpunktes von Studeni und Spadovibach beträgt die Verwitterungsschichte der hier 1·5 *m* hohen Bühlterrasse 1 *dm*. Das Profil an der Mühle gibt den Terrassen Abstände von $^1/_2$ *m*, 1·7 *m* und 5 *m*.

Die Niederterrasse von Zuberec ist kein einheitliches Gebilde. Das zeigt sich bereits am Friedhof an der Nordecke der Niederterrasse, wo sie in zwei Stufen von je 2·5 *m* abfällt. Der Nordrand der Niederterrasse zerfällt in vier Terrassenränder, wie das Niederterrassenfeld von Vavriso. Die Vertikalabstände dieser Stufen betragen im Norden vom Ostkreuze von Zuberec 1·7 *m*, 2·7 *m*, $^1/_2$ *m* und 1 *m*. Unter diesen Teilfeldern der Niederterrasse liegen die Stadialterrassen mit Kantenhöhen von 1 *m* und $^1/_2$ *m*. In der Umgebung von Zuberec ist die ganze Niederterrasse mit Feldern bedeckt. Die Felder queren die Kanten der Teilfelder und haben sie abgestumpft. Zwischen den Feldern liegen zahlreiche aus Lesesteinen aufgebaute Steinwälle. Dem Südrande der Niederterrasse, auf dem der größte Teil des Dorfes Zuberec liegt, sind nur kleine Stadialterrassenreste des Spadovibaches angelagert.

Östlich von Zuberec dominiert die höchste Niederterrasse. Die Zerteilung der Niederterrasse in ihre Einzelfelder scheint also an Weitungen geknüpft. Die nunmehr von Hutweiden bedeckte Terrassenfläche wird weiter östlich bis zum Jagdhause von prächtigem Forste eingenommen. An der Brücke beim Jägerhaus hat die Niederterrasse eine Gesamthöhe von 8 *m*, wobei ihr Abfall drei Stufen von durchschnittlich 1·7 *m* Höhe aufweist und für die Bühlterrasse noch die untersten 3 *m* entfallen. Etwas weiter talabwärts beträgt der Abfall der hier nur zwei Kanten aufweisenden Niederterrasse über der Bühlterrasse allein 9·5 *m*. Das Jägerhaus selbst steht auf der Niederterrasse, die hier am rechten Ufer eine Gesamthöhe von 10 *m* aufweist.

Der Niederterrassenstreif von Zuberec lenkt fast sämtliche von Süden kommenden Bäche westwärts ab.

Östlich vom Jägerhaus ist die Niederterrasse bis zur Brücke am rechten Ufer schmäler geworden. Am Bachrande haben Niederterrasse, Bühl- und Gschnitzschotter Vertikalabstände von 3·5 *m*, 1·5 *m* und $^1/_2$ *m*; bei der folgenden Straßenbrücke auf beiden Bachseiten: 2·7 *m*, 1·7 *m* und $^1/_2$ *m*; an der Brücke des hier abzweigenden Seitenweges 3·5 *m*, 2 *m* und $^1/_2$ *m*. Der Schotterlappen, den dieser Seitenweg quert, gehört bereits dem Übergangskegel an. Hier sieht man ein Teilfeld von 2·3 *m* Kantenhöhe sich auf das Hauptfeld herabsenken und mit diesem verschmelzen. Nebenbei sei ein Vorkommnis im Südosten des Jägerhauses erwähnt. Hier verschwindet ein Zweig des Studenibaches in einer sechs Schritte breiten und $^1/_2$ *m* hohen Höhlenmündung. Die Austrittsstelle erscheint durch einen tiefgrünen Wassertümpel bezeichnet.

Zwischen Studeni- und Blatnabach dehnt sich eine kleine Schotterplatte aus, welche im Osten unweit des Jagdhauses am Westkamm der Osabida 1687 *m* ansetzt und im Westen in der von Terrassen umrandeten Eozänkuppe 837 *m* ausläuft. Am schwach gebuchteten Südrand der Kuppe zieht über einem schmalen Streifen Niederterrasse, eine infolge der Hangverflößung schon undeutlich gewordene Schotterleiste entlang, die dem Horizonte der nördlichen Kirche von Habovka entspricht. Diese Leiste tritt an den Studenibach in einem Steilrande heran, an dem man unter einer $^1/_2$ bis $^3/_4$ *m* hohen Verwitterungs-

decke eine 5 *m* (an anderer Stelle 7 *m*) dicke Schotterschichte auf 12 *m* hohem Eozänsockel aufruhen sieht. Die Eozänbänke fallen westlich und laufen als kurze Riffe in das Bachbett hinein. Nur die niedere Gschnitzterrasse ist hier am rechten Ufer entwickelt. Höhe und Verwitterung weist die Schotterleiste der Hochterrasse zu.

Der Steilrand der Hochterrasse hebt sich östlich unter einem Winkel von 3°. An der Kante fehlt Schotter und streicht splitteriges Eozän, das hier den ganzen Abfall zusammensetzt, aus. Man sieht hier ausnahmsweise den Eozänausstrich, der zwei Schotterhorizonte trennt, im Längsprofil. Das kommt dann vor, wenn die verschieden alten Schotter nicht leistenförmig nebeneinander liegen, sondern die Senkungsrichtung eines jüngeren Schotters die des älteren quer durchschneidet, wie es zwischen einem Stücke der Niederterrasse und dem die Kehre am Eozänhügel ausfüllenden Hochterrasse der Fall war. Der Eozänausstrich zwischen der Hochterrasse und der jüngeren Decke ist von der Kante weg ein sanft geneigtes Hangstück, das unter dem stumpfen Rande der jüngeren Decke beginnt und allmählich in die Hochterrassenfläche übergeht.

Die jüngere Decke ist eine breite Hochfläche, die sich an die Eozänkuppe 827 *m* anlehnt, hier teilt und einen kurzen Ast nach Nordwest zum Blatnabache entsendet. Die Teilung des Schotterstromes war mit einem Zurückschieben der Eozänhöhen verbunden, von welchen Kuppe 837 *m* ein Rest ist. Die mit Heiden und zum Teil mit Nadelwald bedeckte, an den Rändern feuchte Hochfläche verschmälert sich ostwärts gegen das Jagdhaus, über dem ihre Ansatzstelle liegt. Über der jüngeren Decke erheben sich zwei wenig ausgesprochene Terrassenbänder, gekrönt von einer breiten Hochfläche, die sich spornartig an den Berghang ansetzt, der älteren Decke. Die Vertikalabstände betragen hier 3·5 *m*, 3·5 *m*, 17 *m*. Die Terrassenflächen und ihre sehr sanften Abfälle überzieht gleichmäßig die licht bewaldete Heide. Der Vertikalabstand der älteren Decke über die jüngere beläuft sich auf 24 *m*, der der jüngeren Decke, die eine 1·2 *m* hohe Lehm- und 5 *m* hohe Schotterschichte aufweist, auf 34 *m*. Daraus ergibt sich für die ältere Decke eine Gesamthöhe von rund 60 *m*.

Diese hohen Terrassenreste enden über dem Jagdhaus. An diesem erreicht ein Hochterrassenrest am rechten Ufer eine Höhe von 20 *m*. Sein 7 *m* hoher Sockel besteht aus Kalkbreccie, deren Bänke unter 40° nach Norden fallen. Reste dieser Kalkbreccie liegen auch in den südlichen Gräben. Da die Niederterrasse dem Einschnitte des Breccienkegels eingelagert ist, die Hochterrasse ihn umgeht, ist die Breccie mindestens gleich alt mit der Hochterrasse. Vielleicht sind Reste älterer Breccienkegel den Ansatzstellen der höheren Schotter eingeschaltet, da die Flächen der letzteren über dem Jagdhause ein leichtes Ausweichen nach Nordosten erkennen lassen.

Überblickt man die Höhenverhältnisse der Terrassen, so ergeben sich für die ältere Decke durchschnittliche Beträge von 60 bis 100 *m*, für die jüngere Decke von 30 bis 45 *m*, für die Hochterrasse von 15 bis 20 *m*, für die Niederterrasse von 5 bis 10 *m*, für die Bühlschotter von 1 bis 3 *m*, für die Gschnitzschotter von $^1/_2$ bis 1 *m*. Ein aus diesen Zahlen aufgestelltes Verhältnis der Terrassenhöhen bietet dann, wenn einzelne Zwischenglieder fehlen, eine gewisse Stütze für die Altersbestimmung der Terrassen. Nur dort, wo ein zur Eiszeit vergletschertes Gebiet in der Stadialzeit unvergletschert war, ist zwischen Stadial- und Glazialterrassen ein über das Normale vergrößerter Sprung bemerkbar.

Die Glazialgebilde der Liptauer Alpen.

Im Gegensatze zum Vorlande der Liptauer Alpen führen die Gebirgstäler wenig Schotter. Ältere Schotterreste haben sich nicht erhalten. Dagegen sind ansehnliche Gletscherablagerungen vorhanden. Ich beginne die Schilderung der Gletschertäler im Westen mit dem Jalovectale.

Der zwischen den Bergen Mnich 1462 *m* und Holu 1683 *m* eingesenkte Teil des Jalovectales hat bis zur Einmündung des Spolanibaches eine schmale Sohle, der die vom Bache durchschnittenen sehr schmalen Bühl- und Niederterrassenreste auflagern. Nördlich von der ersten Jalovecbrücke haben die Terrassenränder relative Höhen von $^1/_2$ *m*, 1 *m*, 2 *m*. Die oberen Ansatzpunkte dieser Terrassen haben etwas größere Vertikalabstände als die unteren, so daß die Flächen talabwärts

etwas konvergieren. Die oberste Terrasse neigt sich von der Kante weg zum Berghang, ist daher lediglich eine Schotterbank, die der Bach in dem 30 *m* breiten Gebirgstal nicht planiert hat.

Über der Niederterrasse ist der Talhang felsig mit erst 15 *m*, weiter nördlich mit 9 *m* hohem alten Klammrand. Die Bachrunse, die von Kote 1329 *m* herabzieht, endet am Klammrande 10 *m* über dem Hauptbache. Dem Außenrande der Niederterrasse ist wiederholt Gehängeschutt aufgesetzt.

Der Mnichovgraben am rechten Ufer führt drei ineinandergeschaltete Schuttkegel von 6 *m*, 1 *m* und $^1/_2$ *m*, während das Bachwasser über eine rezente Schuttstufe von 2 *m* in den Jalovec fällt. An der Nordseite der Mündung liegt der alte Klammrand 14 *m* über dem Bühlkegel. Gegenüber der Mnichovmündung erhebt sich eine Felsterrasse zirka 30 *m* über dem Bache.

Auch das folgende Talstück ist arm an Terrassen. Zwischen Mnichov und Spolanibach zeigt das Gehänge bis 100 *m* über Tal weder Granit noch Schiefergeschiebe, sondern lediglich Schieferschutt. Im Osten des Konfluenzpunktes zwischen Spolani und Hlubokovbach erheben sich drei übereinander gelagerte Terrassenstücke zu: 2·5 *m* (Bühlterrasse), 1·7 *m* und 3·5 *m*; 10 *m* über der höchsten Terrasse erscheint der alte Klammrand.

Im Spolanitale liegt nahe dem Südende der alte Klammrand 12 *m* hoch; etwas weiter im Norden mißt die Niederterrasse 5 *m* vom Bach. Bei der Talkote 1093 ist der Fuß des östlichen Talgehänges felsig; Gschnitz- und Bühlterrassen haben hier Höhen von $^1/_2$ *m* und 1 *m*. Am rechten Ufer liegen am Gehänge Felstrümmer; bis 60 *m* über der Talsohle konnten weder Moränen in Wallform noch erratisches Material nachgewiesen werden. Etwa 150 bis 200 *m* nördlich von der genannten Talkote beginnt sich das bisher enge Tal zu verbreitern.

Bald tauchen nordwärts, erst vom Wald verhüllt, zu beiden Seiten des Spolanibaches Moränenstufen auf, die sich vom Hange absondern und deutliche Seitenmoränen bilden. Die linke Seitenmoräne biegt in das vom Salatinsky vrh 2050 *m* nach Westen herabziehende Tal ein, verläuft unter dem hier 50 bis

70 *m* hohen Trogrande. Eine entsprechende Seitenmoräne liegt am rechten Ufer dieses Talendes. Der obere Talabschnitt wird in einer Höhe von 1580 *m* von der Wallgruppe der Bühlmoränen gequert. Vor die Mündung des Salatinskytales und seines nördlichen Nachbartales, dessen Ende gleichfalls von Moränen erfüllt ist, legt sich eine hohe Mittelmoräne. Diese nimmt am Bergsporne am Westende des Salatinskykammes ihren Ursprung und wird durch den Spolanibach von der nordsüdlich verlaufenden größten Mittelmoräne des Gebietes getrennt, die bereits auf der geologischen Spezialkarte der Tatra ausgeschieden ist. Der scharfe Kamm der zum Teil entwaldeten Moräne weist zwei Kuppen auf, der Sattelpunkt zwischen beiden liegt noch 25 *m* über dem Spolanibache. Zwischen den beiden Mittelmoränen ist zunächst die Gschnitzterrasse mit 1 *m* Höhe und darüber die Bühlterrasse mit 1·7 *m* Höhe entwickelt. Ein Stück der letzteren legt sich an das Südende der westlichen Mittelmoräne mit 3·5 *m* Vertikalabstand vom Bache. Die rechte Seitenmoräne des Spolanibaches taucht westlich von der großen Mittelmoräne unter einem großen Bühlschuttkegel unter, der aus einem Graben des Sivy vrh herabsteigt. Hier liegt eine auf der Karte nicht verzeichnete dürftige Alphütte. Über dem Bühlkegel legt sich ein Rest des aus demselben Graben stammenden Niederterrassenkegels an die Außenseite der Seitenmoräne an. Die angeführten Moränen stammen aus der Würmeiszeit.

Das ganze Moränengebiet zeigt infolge der reichen Gliederung der Gebirgsumrahmung eine massenhafte Anhäufung von Granitgeschieben. Doch war der aus drei Armen zusammengesetzte Gletscher der Würmeiszeit wahrscheinlich infolge der Südwestexposition unverhältnismäßig kurz und wie auch der seichte Trog des Salatinskytales angibt, wenig mächtig. Das Gletscherende setze ich rund 200 *m* oberhalb der Talkote 1093 *m* in 1100 bis 1120 *m* Höhe an. Die Schneegrenze der Würmeiszeit lag demnach bei 1550 *m*.

Über dem zerstückelten Trogrand des Salatinskytales tritt das Gehänge etwas zurück, steigt dann steiler empor und bildet eine stark verwitterte, noch weniger geschlossene Kante. Diese Kante liegt so hoch über dem Würmtrogrand, wie dieser über

der Talsohle, verläuft nahezu parallel zu letzterem und senkt sich unter zirka 15° talauswärts. Man hat hier wahrscheinlich den linksseitigen Rest einer älteren breiteren Eisbahn vor sich, in welche der jüngere Würmtrog eingesenkt ist. Unter dem Gipfelhang des Salatinsky vrh scheinen kleine Schuttanhäufungen des Gschnitzstadiums zu liegen.

Im Haupttale erhebt sich zwischen den noch weiter verfolgbaren Seitenmoränen der Würmeiszeit eine von einer breiten Furche und erst ungeordneten Wällen durchzogene Schuttstufe: das Bühlmoränengebiet. Sein Fußpunkt liegt bei rund 1300 *m*, sein First bei rund 1400 *m*. Aus der Schuttstufe hebt sich eine Mittelmoräne hervor, welche gelegentlich kleine Umbiegungen zeigt und dann mit dem randlichen Schutte kleine Moränenseen einschließt. Der tiefere Weiher, von Felstrümmern und Fichten umstanden, hat dunkle Wasserfarbe. Der obere Moränensee liegt dem inneren Zungenbecken der Bühlzeit eingebettet, wo an die breiter gewordene Mittelmoräne die rechte Seitenmoräne anschließt. Umgrenzt von Krummholz bestandenen Blockwällen, besitzt der See einen elliptischen Grundriß von zirka 70 *m* Länge und 15 *m* Breite. Das Wasser ist hellgrün, die Tiefe beträgt gleichmäßig $^1/_2$ *m*. Der Ufersaum wird durch einen unter dem Wasser liegenden Kranz rostbrauner Granitplatten gebildet; der übrige Seegrund besteht aus einem feinen, festen, grauen Lehm. Der Abfluß durchmißt den Wall und vereinigt sich mit dem im Osten der hier 7 *m* hohen Mittelmoräne fließenden Hauptbach. Im übrigen wird das Zungenbecken des Bühlgletschers von den dem Gehänge aufgesetzten Seitenmoränen begrenzt und von einem Wiesenplan erfüllt, der scharf geschnitten, 30 *cm* hoch, zu dem in ruhigen Windungen dahinrieselnden Hauptbache abfällt. Das ist die Gschnitzterrasse, der stellenweise ein handbreithohes, schwach begrüntes Schuttband, die Vertretung des Daunstadiums anliegt.

Während die flankierenden Bühlmoränen mit dem Talgehänge emporsteigen, hebt sich aus dem Gschnitzfelde ein steiler Übergangskegel empor, der mit zurücktretendem Graswuchse und zunehmender Blocküberstreuung in das wohlgeformte Gschnitzmoränengebiet übergeht. Der Einschnitt im

Endmoränenbogen dient auch dem rezenten Gewässer als Abflußstelle. Die Endmoräne geht talaufwärts in die Seitenmoränen über, welche durch breite Furchen von den Seitenmoränen der Bühlzeit getrennt sind. Das Zungenbecken der Gschnitzmoränen ist von schwach begrünten Moränenkuppen ausgefüllt. Aus diesen erhebt sich ziemlich steil eine Mittelmoräne, die talaufwärts auf einen neuen Endmoränenbogen stößt. Der Fußpunkt des inneren Bogens erhebt sich über dem äußeren zirka 45 *m*, sein First etwa 65 *m*. Der obere Wall bildet den inneren Rand des Gschnitzstadiums. Wie das Bühlstadium zeigt auch das Gschnitzstadium zwei Grenzwälle, die durch je eine Mittelmoräne verbunden sind. Die Höhe der unteren Gschnitzendmoräne, deren linker Außensaum von einem vom Würmtrograude abgebröckelten Gschnitzschuttkegel begleitet wird, liegt bei 1500 *m*. Die Höhe der Schneegrenze betrug für den Bühlgletscher 1700 *m*, für den Gschnitzgletscher 1800 *m*.

Die Gschnitzmoränen liegen am Grunde des Würmtroges, dessen bogenförmig verlaufende Nordseite durch einige Felsplatten kenntlich ist. Im übrigen ist der bis auf einzelne hochgelegene Schuttflecken und Schutthalden beraste Berghang wenig hoch über dem Würmtrog, der hier das Kar vertritt. Die genannten Schuttflecke legen, sofern sie nicht in Felsaustritten ihre Wurzelpunkte haben, den Gedanken nahe, daß unter den Rasenhängen eine Schuttdecke verborgen liegt. Die hohe, granitne Trogwand im Süden ist in Pfeiler und Klippen aufgelöst. Über der Kante des Würmtroges verlaufen verwitterte Felspartien, die von einem undeutlicheren Felsrande begrenzt werden. Darüber weicht das Gehänge abermals zurück, bildet eine zum Teil schuttbedeckte, sonst begrünte Leiste mit oberem Rande, der nur wenig unter dem Kamme liegt. Die Tiefe des Würmtroges ist mit über 100 *m* am größten, die Vertikalabstände der übrigen Ränder sind stufenweise geringer. Die Würmkante hat ein Gefälle von 9 bis 7°, der oberste Talrand ein solches von 11 bis 9°. Man verfolgt die drei Abstufungen an den Abfällen der linken Seitenkämme. Auch der kurze Seitenkamm der von der Kuppe zwischen Srvi vrh 1806 *m* und Ostra 1765 *m* nach Osten abfällt, zeigt gleichfalls die Spuren der drei Abstufungen, und zwar in geschätzten Höhen von

1260 *m*, 1340 *m* und 1420 bis 1450 *m*. Darüber folgt dann ein ebeneres Kammstück, aus dem die Kuppe aufsteigt (Fig. 3).

Im Westen der Gschnitzmoränen erhebt sich die Trogwandung in Form eines 30° geneigten, mit Blöcken übersäten, mit Rasen, Heidelbeeren, Rhododendron und Krummholz bewachsenen Steilhangs zum Sattel Paleniza 1574 *m*. Dieser Hang, durch Unterschneidung entstanden, ist eine Diffluenzstufe im Sinne Penck's.[1] Der Sattel Paleniza selbst ist fast horizontal, breit und steigt nach Norden und Süden — in letzterem Falle zu einem fast ebenen Kammstück — sanft an. Der Sattel ist von Moräne überkleidet, die in der Mulde nordwestlich der Kote 1574 *m* in Form von drei Paaren zangenförmig einander

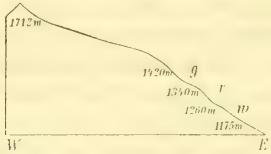


Fig. 3.

Gehängeprofil im Jalovectal (Rand des Würmtroges bei 1260 *m*, des Rißtroges bei 1340 *m*, des Günztroges bei 1420 *m*).

zugekrümmter Wälle erscheint. Bei sämtlichen drei Endmoränen, die drei verschiedene Halte eines aus dem übervollen Spolanitale die Wasserscheide überfließenden Eislappens des Würmgletschers bezeichnen, ist die Abflußlücke erhalten. Sämtliche Wälle sind mit dichten Vegetationspolstern überzogen. An den untersten Wall reicht der Wald heran. Er liegt unweit der von Prof. Uhlig[2] beschriebenen, merkwürdigen Nummulitenkalkklippe, bei 1380 *m*. Ein vereinzelter Granitblock liegt bei einer Holzhütte. Am Gehänge verflachen die Wälle, treten jedoch nordöstlich der Kote 1574 *m* als Wülste hervor, die in das Spolanital einlenken. Danach berechnet sich die

[1] Penck-Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter, p. 811.

[2] Uhlig: Die Geologie des Tatragebirges, II. Denkschr. der kais. Akad. der Wiss., 68. Bd., 1900, p. 46.

Dicke des Eislappens über dem Sattelpunkte, ohne Einrechnung der Eiswölbung, auf höchstens 70 *m*. Die Tiefe des Würmtroges unter Kote 1574 hinzugerechnet, ergibt sich für das obere Spolanigebiet eine Eisdicke von 150 *m*.

Im Hlubokovtale umgibt der größte Moränenkörper den Sporn des südwestlichen Banikovkammes. Östlich vom Konfluenzpunkte zwischen dem Hlubokovtale und dem südlichen Nachbartale ist die Moräne zu größeren Plaicken angeschnitten. Große zugerundete Granitblöcke sind in feinem Grus eingebettet. Der waldbedeckte Kamm der Moräne ist scharf und verläuft, von einem zickzackförmig ansteigenden Pfade benützt, in der Fallinie des Bergspornes. Unbewaldet würde die Moräne den Anblick alpiner Urgesteinsmoränen (wie am Waxegg- oder Nardisgletscher) gewähren. In der Tiefe des Hlubokovtales braust der Bach im Einschnitt einer 50 *m* hohen Felsstufe. Diese ist als taleinwärts gerückte Konfluenzstufe aufzufassen. Tal- und Moränengefälle divergieren talaufwärts. Der Moränenkamm zeigt mit 30° Gefälle den steilen Abschwung des Hlubokovgletschers an; sein Ende wird etwas unterhalb des Konfluenzpunktes bei 1050 *m* anzunehmen sein. Das Gefälle des Moränenkammes mildert sich erst in einer Höhe von 1400 *m*. Der dreieckige Raum zwischen Moräne und Bergsporn nimmt eine südwärts geneigte Wiesenfläche mit der Salasche Kolyba (auf der Karte nicht verzeichnet) ein. Der Außensaum der Moräne endet am südlichen Ausgang des von Kote 2053 *m* westsüdwestlich herabziehenden Seitentälchens, bei 1500 *m*. Der Innensaum der Moräne quert den Talausgang und heftet sich an dessen Nordhang. Diese mindestens 30 *m* höher gelegene Ansatzstelle zeigt eine Schwankung der Schneegrenze zwischen dem äußeren und inneren Rand des Würmgletschers von mindestens 30 *m* an. Der inneren Moräne ist ein hügeliges Blockterrain angelagert; von ihr geht eine Schotterfläche aus, die über der Felsstufe abbricht. Dem Blockterrain sind am Westrand Terrassen von 3·5 *m* und 1 bis 1·5 *m* angelagert. Die Hügel entsprechen dem Innenstand des Würmgletschers, der seinen Zusammenhang mit dem südlichen Nachbarn gelöst hatte und sich auf die Höhe der Felsstufe zurückzog.

Talaufwärts liegt eine Blockkuppe bei 1500 *m*, welche den Endpunkt des Bühlstadiums bezeichnet. Die Schneegrenze des Bühlstadiums lag bei 1750 *m*.

Die genannten Moränen liegen im Würmtrog, der östlich der Kote 1832 *m* 150 bis 180 *m* tief ist und mit leichter Krümmung nach Osten umbiegt. Dieser geräumige Trog mit seinen Wandungen ist vom Vorland aus gut zu sehen. Am 25. Juli 1907 war in 1700 *m* Höhe noch ein kleiner Schneefleck vorhanden. Die Kuppe 1832 *m*, auf der Karte felsig dargestellt, ist nur durch die Trogwandung unterschnitten, sonst begrünt. Weiter aufwärts vollzieht sich der Übergang zwischen Graskuppe und scharfgratiger Felsspitze durch Verschmelzen der Trogwandung mit den Gratfelsen.

Das Hochtal, das zur Kuppe 2053 *m* emporzieht, ist eine seichte, fast felsfreie Mulde. Aus der Rasen- und Krummholzdecke steigt zu oberst eine graue Schuttlage bis auf den Gipfel. Mit Ausnahme einer kleinen Schuttanhäufung am Ausgang fehlt Glaziales.

Das südliche Nachbartal des Hlubokovtales, dessen Umrandung im Banikov 2178 *m* erreicht, führte gleichfalls einen Würmgletscher. Seine rechte Seitenmoräne ist mit dem untersten Teile der großen Hlubokovmoräne zu kurzer Mittelmoräne verknüpft. Stellenweise unter 10° ansteigend, bildet sie ein langgestrecktes (tief unter der Hlubokovmoräne verlaufendes) Schuttband, das in einem unteren 12 *m* hohen und oberen 30 *m* hohen Teil zerfällt. In doppelter Höhe verläuft der Würmtrogrand, etwa 40 *m* darüber durch ein Krummholzband vom vorigen getrennt und durch viele Felsaustritte markiert, der Rißtrogrand. Die Würmmoräne ist also nicht dem zugehörigen Trograndе aufgesetzt, sondern lagert an seinem Fuße; die Furche zwischen Moräne und Wand ist durch einen von der Trogwand abgebröckelten Schutthaldensaum ausgefüllt.

Bei Kote 1257 *m*, wo im Juli 1907 noch ein schmutzbedeckter Lawinenrest den Bach überwölbte, hat die Bühlterrasse eine Höhe von 3·5 *m*. Die Bühlmoränen sind aus Schuttkuppen zusammengesetzt und liegen unter dem Prislop 2145 *m* in geschützter Höhe von 1500 *m*. Das Bachbett ist häufig felsig.

Der Sammeltrichter im Nordabfall der Rosztoka 1953 *m* ist durch ein System konvergierender Furchen und steiler rasenbedeckter Gehängerippen gegliedert. In den Grund jeder Furche ist eine kantig begrenzte Rinne eingeschnitten. Das ganze Rinnensystem ist, wie sich aus dem Zusammenlaufen der Kanten ergibt, eine einheitliche Bildung. Die Kante hat nahe der Mündung des Rosztokagrabens eine Höhe von 8 *m*, läuft aber in die Kante der Bühlterrasse aus. Danach hat sich das Rinnensystem nach der Bühlzeit gebildet. Jedenfalls bildete sich das Grabenrelief nicht vor dem letzten Abschnitt des Eiszeitalters, ist also relativ jung.

Gegenüber der Einmündung des Hlubokovtales zeigt der Nordabhang der Kuppe Hola 1683 *m* eine schwache Einbuchtung und drei Abstufungen; sie sind ähnlich zu deuten wie im Spolanitale.

Unterhalb des Konfluenzpunktes erhebt sich ein 60 *m* hoher Felsvorsprung, mit einer Salasche an der Westseite. Wahrscheinlich liegt hier ein kleiner Rest des Würmtroges vor. Die Schneegrenze der Würmeiszeit lag über 1500 *m*.

Smrečankatal. Der bewachsene Wall an der linken Seite der Talmündung des Smrečankatales ist bereits oben als Altmoräne aufgefaßt worden. Damit stimmt überein, daß die Talöffnung des Smrečankatales mit den eingelagerten jüngeren Terrassen ziemlich breit ist und die Mündung des ersten rechten Seitentales den Eindruck einer durchschnittenen Stufe macht. Der Kamm der Stara Stanka 1290 *m* zeigt zwei Knicke, die unteren Enden wahrscheinlich präglazialen Talböden.

An der Brücke des Bergweges (995 *m*) hat die Niederterrasse am rechten Ufer 5 *m* Höhe. Der Schotter ist wenig sortiert; die Gneisblöcke stecken in kompakter Masse von graugrüner Farbe, die reich an Glimmerschieferblättchen und zu Scherben und Grus zermalmten Tonschieferstücken ist. Die Kante des moränenartigen Schotters steigt rasch an. Es ist der Übergangskegel der äußeren Würmmoräne. Diese erhebt sich aus dem Schotter, ist moos- und waldbedeckt und erreicht wenig ober der Brücke eine Höhe von 25 *m* über dem Bache. Der Kamm der Moräne ist durch eine seichte, sich südwärts verbreiternde Furche vom Berghang getrennt. Der Innenseite

der bei 1000 *m* endenden Würmmoräne lagert ein Niederterrassenteilfeld an, dessen Kante 8·5 *m* über dem Bache liegt; aus dessen Oberfläche erhebt sich weiter nördlich ein abgeholzter Moränenwall, von dem Blöcke auf die Terrassenoberfläche herabgerollt sind. Zum Bache fällt diese Moräne mit hoher Plaicke ab, die die charakteristischen Bestandteile der Urgesteinsmoräne: Gneis und Granitgeschiebe ohne Schrammen und Kritzen in zum Teil lehmigem Grus zeigt. Talaufwärts folgen drei weitere Wälle, die in die an der Lehne verlaufende Seitenmoräne übergehen. Die Schneegrenze der Würmeiszeit lag für den Smrečankagletscher bei 1500 *m*.

Der genannte Moränenkörper liegt gegenüber dem Grabenpaar, das vom Velky vrh und dem Graben, der vom Berge Holy herabzieht. Der entholzte Berghang südlich des erstgenannten Grabens ist frei von Moräne; eine Trograndspur liegt in der Höhe von zirka 90 *m*. Aus den beiden Gräben treten Bühlschuttkegel hervor, die zwischen sich eine kleine Bucht frei lassen. In den Einschnitten der Bühlschotter haben sich zerschnittene Reste der Gschnitz- und der kleine Rest einer Daunterrasse erhalten. Der südliche Schuttkegel wird vom Rest eines Niederterrassenteilfeldes überragt.

In dem Winkel zwischen dem Grabenpaar und dem Hauptbache erhebt sich eine aus Kubikmeter großen Blöcken zusammengesetzte hochragende Mittelmoräne. Ihr scharfer Kamm, der eine Salasche trägt, steigt gegen Nordosten an; der Doppelgraben war gleichfalls vereist. Der Berghang im Nordosten der Salasche ist durch drei wulstförmige Stufen gegliedert. An die Westseite der Mittelmoräne lagern sich drei bogenförmige Wälle mit ihren Teilfeldern an, die in zwei Stufen, von denen die untere noch 10 *m* Höhe erreicht, zum Bache abfallen. Die Mächtigkeit des Gletschers betrug an der Mittelmoräne noch bei 150 *m*.

Der Bach hat sich beim Durchbruch durch die Moräne mit großen Blöcken beladen. Für das Kaliber dieser Blöcke ist die heutige Wasserkraft zu gering; bald stellt sich normale Geschiebegröße wieder ein.

In der Mulde westlich vom Holyberg sind zahlreiche Felsschroffen vorhanden, welche jedoch weniger am oberen Rande

als in der Mittelpartie vorkommen. Bei der Umwandlung einer Mittelgebirgsmulde in eine Karnische geht die Felsgliederung der Hänge von unten nach oben vor sich; die Zurundung der Bergkämme erhält sich verhältnismäßig länger als die der Mulden.

Knapp oberhalb der Moränen öffnet sich der geräumige Taltrog des Smrečankatales. Er verläuft zuerst nach Norden, wendet sich dann im Bogen nach Osten. Besonders seine linke Seite wird durch eine zusammenhängende Trogwandung gebildet. Die Trogsohle wird auf beiden Talseiten von zusammenhängenden Schuttkegeln eingenommen, die aus den Einrissen der Trogwandungen herabsteigen. Sie sind sämtlich Bühlschuttkegel. Der untere Rand der Schuttkegelreihen besteht aus Kanten, zwischen denen die jüngere Talfurche mit Gschnitzterrassen und dem rezenten Bachlauf eingesenkt ist. Diese Kanten haben wellenförmigen Verlauf, heben sich zu den seitlichen Bacheinrissen, senken sich zu den Grenzpunkten benachbarter Schuttkegel. Der Mindestbetrag des Abfalles zur Gschnitzterrasse beträgt noch durchschnittlich 5 *m*. Die Gschnitzterrasse erreicht stellenweise einen Vertikalabstand von 1·5 bis 2 *m*. Die oberen Spitzen der Bühlschuttkegel reichen durchschnittlich bis zur Mitte der Trogwandungen empor. In die Einrisse des Trograndes münden von oben her seichte Seitengräben, die das Gehänge über dem Troge gliedern. Die erwähnten Schuttkegelstreifen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit Moränenstufen und sind auf der geologischen Spezialkarte als solche ausgeschieden worden.

Die größten Bühlkegel kommen aus den beiden Gräben vom Prislop 2145 *m* herab. Der Ostrand des inneren berührt bereits das Bühlmoränengebiet des Smrečankatales. Die meisten dieser Schuttkegel sind von rezenten Rinnsalen durchfurcht, welche häufig Gschnitzterrassenreste führen. Der Einschnitt im Schuttkegel des Prislopbaches ist 3·5 *m* tief; hier liegen unter der Gschnitzterrasse noch Reste einer 2 bis 4 *dm* hohen Daunterrasse. Der Bühlkegel bricht 7 *m* über dem Hauptbache ab, wovon 1 *m* auf den Felssockel entfällt. Die weiten Graslehnen des Prislop-Südgehänges, in dem die Gehängerippen bereits Kanten aufweisen, jedoch ohne Felsansätze zu zeigen, sind

wenig gegliedert. Felsschroffen sind vorzugsweise nur an der Stelle der Unterschneidung des Hanges durch den Würmtrog vorhanden.

Wo die Talsohle nach Ostnordosten umbiegt, endet bei 1250 *m* die mächtige Mittelmoräne des Bühlgletschers. Dieser setzte sich aus zwei Ästen zusammen, die aus den geräumigen Karen unter Banikov und Plačlivo gespeist wurden. Die Zunge des zusammengesetzten Gletschers war noch 6·7 *km* lang.

Die breit gewölbte und mit Blöcken überstreute Mittelmoräne ruht im Süden auf Tonschiefer auf, in den der Bach eine erst 7 *m*, weiter östlich 15 *m* tiefe steilwandige Schlucht geschnitten hat. Im Süden des Baches fehlt eine Seitenmoräne. Wo sie stehen sollte, steigen graugestreifte, sonst mit Krummholz bedeckte Schuttkegel herab. Die Trogwand darüber ist stark zerrissen und hoch. Gegen diese Wand richtete sich der von Norden kommende Gletscher und übte eine Pressung aus.

Die Furche nördlich von der Mittelmoräne ist stellenweise 5 *m* tief, wird aber durch hereinwachsende Schuttkegel zusehends seichter. Über der Mittelmoräne erheben sich, namentlich im Norden, zirka 30 *m* über der Talsohle kleine Felsaustritte, in denen sich Überreste eines dem Würmtroge eingesenkten Bühltroges erkennen lassen. Auch dort, wo die Mittelmoräne an den Berghang tritt, zeigt sich der Bühltrog in kleinen Felsanrissen. Die genannten Spuren gehören dem unteren Stande des Bühlgletschers an. Der Bühltrog des oberen Standes des Bühlgletschers ist an der Stelle, wo der Bach vom Banikovkare ins Haupttal tritt, infolge günstiger Umstände besonders scharf ausgebildet und deutlich erhalten. Das Banikovdoppelkar verengert sich talabwärts trichterförmig und bildete an seiner Mündung zur Würmeiszeit offenbar eine Stufe. Letztere wurde in der folgenden Interstadialzeit zerschnitten und die Schlucht vom Bühlgletscher zu einem Troge erweitert. Der Trogrand zeichnet heute noch die Umrißlinie des Gletscherendes. Nach oben zu treten die Ränder auseinander und weichen in der Gegend der alten Firnfeldränder zurück. Nach unten zu laufen sie in geneigten Bögen zusammen und treffen sich beim Hauptbache. Die Tiefe dieses Troges beträgt nur 30 *m*, seine Breite am unteren Ende nicht viel mehr. Sein

rechter Rand wird überhöht von einer sanft geneigten Fläche, die nach oben in einen Steilrand übergeht, der dem äußeren Bühlrand entspricht. In doppelter Höhe darüber tauchen erst die Felsen des Würmtroges auf. Man könnte einwenden, daß es sich hier um eine erweiterte Stufe handle. Dem widerspricht die rasche Abnahme der Trogbreite nach unten, der U-förmige Querschnitt, die Einlagerung von Gschnitzschutt und Gschnitzterrassen, sowie der Umstand, daß der zusammengesetzte Bühlgletscher unmittelbar nach Lösung des Zusammenhanges einen längeren Halt machte. Letzteres beweisen die beiden Endmoränen, die westlich von der Talkote 1421 *m* gerade im Süden des Innenendes der Mittelmoräne liegen.

Aus dem schwächeren Auftreten der Trogspuren des äußeren Bühlstadiums kann man nicht auf eine kürzere Zeitdauer dieses äußeren Standes schließen, wenn dies auch zutreffen sollte. Der Unterschied im Auftreten der Trogspuren erklärt sich daraus, daß der Bühlgletscher sich im Würmtroge ausbreiten konnte, während er in der Seitenschlucht eingezwängt war.[1]

Das geräumige, von dunklen Granitwänden umfaßte Banikovkar wird durch eine, auf der Karte wenig hervortretende zum Teil begrünte Felsrippe in zwei Hälften geteilt, deren Sohlen von Gschnitzmoränen erfüllt sind. Wo die beiden Kare am unteren Ende der Felsrippe sich vereinigen, wird das westliche von einer Felsbarre abgeschlossen, deren Höhe von einer dreikuppigen, aus Granitblöcken zusammengesetzten Endmoräne gekrönt wird. Sie liegt in einer Höhe von zirka 1700 *m*.

Dahinter im Karboden liegen noch mehrere Moränenwälle 50 bis 100 *m* höher. Den Fuß der Gipfelwände umsäumt eine Reihe von Schutthalden, die dem Daunstadium entsprechen.

Das östliche Banikovkar wird auf seinem Grunde von einem trümmerreichen, vielkuppigen Wallgebiete eingenommen. Die rechte Seitenmoräne lehnt sich an die genannte Felsrippe und biegt dann zu einer kurzen, bei zirka 1650 *m* gelegenen

[1] Spuren eines Bühltroges konnten bereits in den Steiner Alpen (Geographischer Jahresbericht aus Österreich 1906, p. 71) nachgewiesen werden.

Endmoräne aus. Eine markante Felsstufe, wie vorhin, fehlt. Am Fuße der Felswände liegen Schneehaldenfußwälle und Schutthalden.

Am Hauptkamme bemerkt man an einer Stelle den Übergang des Graskammes in den Felskamm. Diesen Übergang stellt Fig. 4 dar. Man sieht, daß die Umwandlung der gerundeten Grasformen in die kantigen Felsformen von unten nach oben vor sich geht.

Der spornartige Felskamm, der das besprochene Kar vom Plačlivokar trennt, ist an seinem Südende begrünt. An seinen Abfall lehnt sich eine bordartige Stufe, welche den Sporn im Westen, Südwesten und Süden umzieht. Weder auf der von gewaltigen Trümmern bedeckten und von Schuttrinnen durch-

Fig. 4.

Übergang der Mittelgebirgsform in Hochgebirgsformen durch zunehmende Unterschneidung.

zogenen Oberfläche, noch in dem durch zwei abstehende Blockwälle gegliederten Abfall kommt anstehender Fels vor. Das ganze ist ein massiger Moränenkörper, der den Grenzkamm der beiden Zweige des Smrečankatales umspannt. Der oberste Wall endet etwa bei 1620 *m* und erhebt sich im Querprofil 150 *m* über den Bach. 50 *m* unter dem oberen Walle verläuft eine erste, 100 *m* tiefer, durch breite Furche abgetrennt, eine zweite Wallstufe.

Zu diesen Würmmoränen des Banikovkars stößt in spitzem Winkel und etwas tieferem Niveau die gleich alte rechte Seitenmoräne des Plačlivokares. In der Ecke zwischen beiden bleibt ein vertiefter Raum frei. Die Stelle erinnert an die Konfluenzmoräne des Hlubokovtales; dort liegt die Bildung nahe dem Ende, hier nahe den Wurzelpunkten des Gletschers. Der Querschnitt des Plačlivogletschers muß am Konfluenz-

punkte 160 *m* mächtig gewesen sein; die Gletscheroberfläche lag aber unter dem aus dem Banikovkare hervortretenden Gletscherbruche.

Dem Abfall der Würmmoräne sitzt eine schmale, freistehende Bühlmoräne auf (mit 1 *m* Furchentiefe); sie sinkt rasch zu Tal und bildet mit der eine Salasche tragenden Endmoräne am linken Ufer den inneren Rand des Bühlstadiums. Die Moränenteile liegen bei 1360 *m* und sind heute durch die felsige Bachschlucht getrennt.

Das durch einen Pfeiler geteilte Plačlivokar zeigt auf Felsstufen gleichfalls Gschnitzmoränen.

Am Westrand der Mündung des vom Velki vrh 2184 *m* herabziehenden Kars setzt sich eine kurze Würmseitenmoräne an, 160 bis 200 *m* über dem Haupttale und mindestens 50 *m* über der Karöffnung, damit die Mächtigkeit des kleinen Kargletschers anzeigend.

Das Nordkar des Velki vrh ist ein gutes Beispiel eines nicht völlig entwickelten Kars. Die Karöffnung ist seicht. Die Karwandungen nicht hoch, der Karboden stark geneigt; zwischen dem oberen Rande der Karwand und den Gipfelkämmen bleibt eine schwach muldenförmig gebogene, von Rinnen durchsetzte, fast dreieckige, zum Gipfel ansteigende Fläche übrig. Von diesen Flächen floß der Schnee in den Kargrund, um dort vorübergehend zur Ruhe zu gelangen und den Prozeß der Vereisung durchzumachen.

Der steile, heute von begrünten Schutthalden erfüllte Karboden zeigt in der Höhe von 1650 bis 1700 *m* eine Schwellung, die ich für die von oben her zugeschütteten Bühlmoränen des Kars halte. Ihre bedeutende Höhenlage hängt mit der geringen Ausdehnung des Kars zusammen. Die Schutthalden im Innern des Kars gehören der Gschnitzzeit an. In ihren Einrissen liegen schwach begrünte Reste des Daunschuttes.

Die Karwand hat fast hufeisenförmigen Grundriß und ist durchschnittlich mindestens 30 *m* hoch. Der Beginn der rechten Karwand, durch einzelne Felsabsätze gekennzeichnet, ist durch die begrünte und krummholzbewachsene Karschwelle von dem von unten herantretenden Trograud des Haupttales, der hier leicht nach aufwärts zieht, getrennt. Dann verläuft die Ostseite

der Karwand südwärts, tritt aber, sich verschmälernd in den Kargrund und verschwindet. Über dieser Stelle liegt ein Grasband, über dem eine Fortsetzung der Karwand beginnt. Dieser Riß in der Kontinuität der Karwand liegt an dem Punkte, über dem der bisher nahezu horizontal verlaufende Kamm ziemlich steil zum Velki vrh aufsteigt; ferner an dem Punkte, wo die Nordexposition die bisherige Westexposition ablöst. Das Karband zieht dann im Bogen um den Kargrund und senkt sich in zwei Wellen zum Westende der Karschwelle herab.

Das Gipfeldreieck über dem Karrande ist zum Teil mit Schutt bedeckt. Die Rinnen besitzen scharfe Einrisse. Der Hang über der östlichen Karwand ist stärker durchfurcht, die Rippen

Fig. 5.

Velki vrh 2184 *m* als Typus eines Graskantengipfels.

laufen am Kamm in kleine Gratköpfe aus. Im übrigen erscheint der Velki vrh als ein Graskantengipfel mit berasten kantigen Kämmen und dazwischen ausgespannten, durch Furchen gegliederten Rasenflächen. Die rundlichen Formen der Mittelgebirgsform fehlen zu oberst ebenso wie die Felsgrate des Hochgebirgsgipfels. An solchen Graskantengipfeln sind die Liptauer Alpen reich (siehe Fig. 5).

Im Nordosten des besprochenen Kars findet sich ein zweites, kleineres, an dem ebenfalls die Bildung des Karwandstreifens vor der Zuschärfung des Hauptkammes zum Felskamm ersichtlich ist. Beide Kare sind wegen ihrer nahen Beziehungen zum Würmtrog als Schöpfungen der Würmeiszeit zu betrachten. Die darüber folgenden Gipfelhöhen sind gewiß

umgewandelte Reste einer älteren Abdachungsfläche. Es wäre aber verfehlt, sie als Überreste der präglazialen Gebirgsoberfläche bezeichnen zu wollen. Sie erscheinen vielmehr als gewissermaßen organische Ergänzungen der (in diesem Falle nicht völlig vollendeten) Karbildung.[1] Die Ausbildung der Kämme ist unmittelbar vor ihrer Umwandlung zu Felskämmen zum Stillstand gekommen. Und dies wohl nicht infolge der Kürze der Zeit, sondern wegen der geringen Höhenlage, die den Prozeß der Schaffung der Hochgebirgsformen verlangsamt hat.

Das rechte Talgehänge des Smrečankatales zeigt einen über den Würmtrog verlaufenden Talboden, der seinerseits wieder von einem verwitterten Trogrand begleitet wird. Man hat es hier höchstwahrscheinlich mit einem Rißtroge zu tun, dessen Mittellinie rund 0·3 *km* weiter im Westen lag als der Würmtrog. Über dem Rißtrogrande wäre die Sohle des Günztroges anzusetzen; talauswärts werden die Trogspuren undeutlich. An der Mündung des Smrečankatales zeigen die Kämme beiderseits zwei Vorsprünge. Der obere am rechten Ufer ist schwächer ausgeprägt. Der tiefere Vorsprung liegt 150 *m* über der heutigen Talsohle. Der Betrag von 150 *m* ist der Minimalbetrag für die Summe der übereinander liegenden Tröge des ganzen Eiszeitalters an der Mündung des Smrečankatales. Betrachtet man die Altmoräne an der Mündung dieses Tales für die Rißmoräne, so wäre das Glazialtal des Smrečankagebietes — worunter ich die Summe der glazial bearbeiteten Gehänge der übereinander liegenden Tröge verstehe — noch tiefer.

Es lagen die Sohlen der verschieden alten Eisströme eines Tales sowohl im Einzugsgebiet wie im Endgebiet einander näher als im mittleren Gebiete, wo die Erosion am stärksten

[1] Wie diese »organischen Ergänzungen« der Karbildung an Hochgebirgsgipfeln aussehen, hatte ich Gelegenheit im Tonalit der Adamellogruppe zu sehen. An der Payerspitze, noch deutlicher am Menicigolo südöstlich des Mandronhauses erhebt sich sehr scharf abgesetzt vom Karboden die fast oder ganz senkrechte Karwand. Darüber folgt die weniger steile Felswand des Gipfels, welche, von zahlreichen parallelen Rinnen durchschnitten, in scharfe Felsrippen aufgelöst ist. Die echte Hochgebirgsform hat also das oben geschilderte nur um einige Grade schärfer ausgebildet.

war. Inbezug auf die Änderung der Vertikalabstände würde das Längsprofil eines Glazialtales eine Ähnlichkeit mit dem Längsprofil eines heutigen Gletschers haben.

Das Ternovectal. Knapp im Süden der Mündung des Ternovecgrabens liegt am linken Ufer des Ternovecbaches ein aus mehreren Blockwällen zusammengesetztes Gebiet, das sich an den sanften Abfall der älteren Decke anlehnt. Die Wälle bestehen aus Gneis, Glimmerschiefer und Tonschieferstücken und Geschieben, setzen nahe dem Gebirgsfuß ein und krümmen sich dem Bachufer zu. Der innere Wall erhebt sich 8 *m* über ein als Teilfeld der Niederterrasse zu deutendes Terrassenstück; der äußere, durch eine Furche vom ersteren getrennt, 7 *m* über den ersten. Die Zusammensetzung der Wälle ist kompakt; von den Südenden der Wälle, deren Grenzfurche hier noch 3·5 *m* tief ist, entspringt die fast 4 *m* hohe Niederterrasse.

Am rechten Ufer folgen drei stark gekrümmte Wälle aufeinander; sie haben dieselbe Zusammensetzung wie die am linken Ufer. Der erste hat 8·5 *m* Höhe; seine Kammlinie senkt sich zum Gebirgsfuß. Die freistehenden Wälle sind berast, bewaldet, stellenweise mit kleinen Teilfeldern versehen. Den Wällen ist ein von alten Bachfurchen durchschnittenes Blockgewirr vorgelagert.

Die Mündung des Ternovectales hat Trogform. Der Trog ist scharf eingeschnitten in die gleichmäßige Abdachung des Gebirgsfußes. Das Hintergehänge erhebt sich im Velki vrh auf 2184 *m*. Die Grasflächen dieses Graskantengipfels zeigen keine Karspuren.

Demnach floß zur Würmeiszeit ein flachgehender, schmaler Eisstrom durch das Ternovectal. Sein Ende lag bei 860 *m*. Es überschritt den Gebirgsfuß um ein weniges. Die Schneegrenze verlief in 1500 *m* Höhe.

Das Račkovatal. Auch vor der Mündung des Račkovatales liegt in 860 *m* ein Endmoränengebiet, das des zusammengesetzten Račkovagletschers. Es ist auf das rechte Ufer des Račkova beschränkt und umfaßt eine Altmoräne und eine Reihe von Würmendmoränen. Letztere setzen eine Schneegrenze von 1460 *m* Höhe voraus.

Der Steig am Bachrand überquert 14 deutliche Wälle, die sämtlich durch stellenweise zu kleinen Niederterrassenteilfeldern erweiterte Flächen voneinander getrennt sind und aus zugerundeten Granit- und Gneisblöcken bestehen. Die Wälle verlaufen quer zum häufig versumpften Abfall der älteren Decke, dem sich nur einzelne zukrümmen und anschließen. Besonders die beiden inneren, mit Wiesen und Fichtengruppen bedeckten 3·5 *m* hohen Wälle mit sanftem Außenabfall, bringen die Endmoränenform am reinsten zum Ausdruck. Am Bachrande sind die Wälle dreieckig durchschnitten und durch Ränder der Niederterrasse, die aus ihnen hervorgeht, miteinander verbunden. Das Moränengebiet fällt 10 *m* hoch gegen die Bühlterrasse ab; hiervon kommen 5 *m* auf das liegende Eozän.

Dem Abfall des Wallgebietes ist am Bache die 1 *m* hohe Bühlterrasse vorgelagert, dem nahe dem Gebirgsfuß ein Mineralwasser entquillt. Die nahe der Niederterrasse in die Bühlterrasse eingesenkte Grube mißt in Durchmesser und Tiefe kaum $^1/_2$ *m* und ist mit rostbraunen Flocken ausgekleidet. Von zwei Stellen des Grundes stiegen Ketten von Gasblasen zur Oberfläche der Quelle. Das Wasser ist kalt und eisenhaltig. Fern von der Bahn gelegen, sind Hirten und Mäher der Umgebung, einzelne Bewohner von Pribilina und ab und zu ein Wanderer ihre Konsumenten. Das Wasser fließt nach Westen ab und mengt sich bald mit einer Seitenader der Račkova.

Der Niederterrassenstreif über dem Quell »Račkova« hat 3·5 *m* Höhe und steigt rasch an. Das Moränengebiet wird im Nordwesten durch den vom Klinovato 1561 *m* kommenden Bach begrenzt. Der Runse sind die drei Stadialschuttkegel eingelagert. Der höchste wird 3·5 *m* von der Niederterrasse überragt.

Über der Würmmoräne steigt der 19 *m* hohe Abfall eines hier nur 30 bis 40 *m* breiten Streifens der Hochterrasse an. Darüber erhebt sich der Abfall der jüngeren Decke noch 15 *m* hoch. Die Ansatzstelle der jüngeren Decke am Gebirgsfuß ist, wie bereits erwähnt, eine etwa 30 Schritt breite, ebene, zum Teil gegen den Gebirgsfuß etwas geneigte Fläche. Über derselben erhebt sich 5 *m* hoch der Abfall eines Gehängestreifens, der dem Gebirgsfuß anliegt.

Die Oberfläche des Gehängestreifens schwillt gegen den Klinovatobach zu einem immer deutlicher hervortretenden Walle an, dessen 60 *m* breite Oberfläche 14 *m* hoch über dem Gehängestreif liegt. Der Wall beginnt am felsigen Bergsporn und ist auf gerundeten Blöcken aufgebaut. Nordwärts fällt er steil zum Klinovatobach ab, auf dessen Uferfelsen er aufreiht, den er nach Osten ablenkt und der ihn vom Berggehänge trennt. Man hat es hier mit einer wohlerhaltenen Altmoräne der Günzeiszeit zu tun. Der Wall liegt etwas westlich der Talmündung und ein wenig über der Felskerbe des rechten Profils der Račkovamündung. Die Ansatzstelle des Walles liegt volle 100 *m* über der Račkovabrücke.

Der felsige Klinovatograben ist im Norden der Moräne 15 bis 20 *m* tief eingeschnitten; in ihm liegt eine Niederterrasse von 5 *m* Höhe.

Von Bedeutung für die Auffassung von der Ineinanderlagerung der eiszeitlichen Tröge ist das Mündungsgebiet des Račkovatales. Die Felskerbe, von der früher die Rede war, ist in den Bergsporn, der vom Klinovato 1561 *m* zur Račkovabrücke zieht, eingeschnitten. Der Südabfall dieses Bergspornes ist bis zur Felskerbe hinauf mit Moräne bedeckt. Diese Grundmoräne ist älter als die Würmmoräne, denn sie liegt außerhalb des Würmtroges, der der Ostseite des Bergspornes scharf gerandet eingeschnitten ist und hier, nahe den Endmoränen, nur 30 *m* tief ist. Die genannte Grundmoräne gehört mindestens einer der mittleren Eiszeiten, in ihrem oberen Teile der Günzmoräne an. Danach ergibt sich eine kleine Abweichung des Zungenverlaufes zwischen Günz- und Würmeiszeit von Westen nach Osten. Die Altmoräne und ihre Grundmoräne liegt in der Fortsetzung der südwestlichen Talrichtung, wie sie noch 350 *m* nördlich der Račkovabrücke vorkommt. An diesem Punkte biegt die rezente Račkova heute nach Süden um; hier bog auch der Würmgletscher nach Süden ab. Daher fällt die Anlage dieser kleinen Ablenkung mindestens in die Riß-Würminterglazialzeit. Da die Hochterrassenreste gleichfalls nach Süden verlaufen, ist die Zeit der Ablenkung vielleicht in die Mindel-Rißinterglazialzeit zu verlegen. Daraus erklärt sich auch, daß der jüngere Deckenschotter wie auch der ältere Deckenschotter sich ab-

weichend von der heutigen Talrichtung, aber in Fortsetzung des südwestlich gerichteten Račkovatales, auf längere Strecke nach Südwesten senken.

Die Ursache für die ursprüngliche Talrichtung mag, wie schon angedeutet, im Vorhandensein einer nunmehr beseitigten Eozäninsel zwischen Vavriso und Pribilina gelegen haben. Als Ursache für die Änderung der Talrichtung kann neben der allmählichen Beseitigung des Hindernisses eine kleine posthume Senkung an der Mündung des Račkovatales angenommen werden. Die Bruchlinie, die die Liptauer Alpen im Süden abschneidet, dürfte schon früher hier etwas tiefer gelegen haben als sonst, d. h. die Schollen des versunkenen Gebirges lagen hier unter dem Eozän schon vor dem Eiszeitalter etwas tiefer als sonst am Gebirgsfuße. Dafür spricht, daß das Račkovatal das umfassendste Einzugsgebiet hat und aus zwei ziemlich regelmäßig gebauten Tälern, die zum Gebirgsfuß konvergieren, sich zusammensetzt. Ferner senkte sich — im Gegensatz zu dem heute durch die diluvialen Aufschüttungen geänderten Gefälle — der Gebirgsfuß von der Mündung des Ternovectales etwas zur Mündung des Račkovatales. Dies geht aus der Laufrichtung sämtlicher in den Gebirgsabfall des Baranec 1949 *m* und Klinovato 1561 *m* eingeschnittenen Bäche hervor. Diese verlaufen erst in der Fallrichtung des Gehänges, schwenken dann aber in ihrem unteren Teile nach Südost ab, wobei die Richtungsänderung um so schwächer ist, je östlicher der Bach liegt. Der Konskibach und sein östlicher Nachbar wenden sich beim Überschreiten des Gebirgsfußes wieder gegen Südwesten, dem durch die diluvialen Aufschüttungen vorgezeichneten Gefälle folgend. Die Tendenz zur Račkova zeigt auch der Lehotnikbach östlich der Račkova.

Daß an diesem bemerkenswerten Punkte der Bruchlinie eine posthume Regung nach der Mindeleiszeit stattgefunden hat, dafür spricht die Ablenkung des Würmgletschers und vielleicht die kleine rückläufige Strecke an der Ansatzstelle der jüngeren Decke.

Die oben genannte, 60 *m* über der Račkovabrücke gelegene Felskerbe ist das Ende einer Hohlkehle, welche taleinwärts ansteigt. Am Ende dieser Hohlkehle liegt Grundmoräne mit

Granitblöcken von $^1/_2$ bis 1 *m* Durchmesser in einer Mächtigkeit von 8 *m* auf Fels, der weiter abwärts nur mit Verwitterungsschutt bedeckt ist. Über der Hohlkehle erscheint am steileren, berasten Hang eine Reihe von Felsaustritten, die sich parallel mit der Hohlkehle senken. Dieser verwitterte Trograud, die mäßig geneigte Trogwandung, der Rest der mit Grundmoräne bedeckten Trogsohle samt der durch den Klinovatobach abgetrennten Altmoräne stammen aus der Günzeiszeit. Unter der Hohlkehle des Günztroges folgt eine Reihe von weniger verwitterten Felsaustritten. Sie bilden den oberen Rand einer zweiten Hohlkehle, die zur Rißeiszeit gebildet wurde. Unterhalb des Rißtroges setzt der scharfe Rand des Würmtroges ein. Jeder der drei übereinander liegenden Tröge hat eine durchschnittliche Tiefe von nur 30 *m*. Eine größere Felsrippe zeigt in markanten Felsköpfen die Stufen der drei Tröge. Im Querprofil zeigt die Trogwandung ein Gefälle für den Günztrog von 22°, den Rißtrog von 30°, den Würmtrog von 40°.[1]

Die Summe der Trogtiefen des Račkovatales ist mit 90 *m* geringer als im Smrečankatal, da die Račkovatröge nur während des äußersten Standes des zusammengesetzten Gletschers gebildet wurden.

Am linken Talgehänge unter der Kote 1491 *m* bemerkt man dieselben Trogspuren. Der Günztrog verläuft innerhalb des Bergsporns, der sich südwestlich zur Račkovabrücke senkt. Der Bergsporn besitzt in 1040 bis 1080 *m* eine breite Stufe, den Rest eines über den diluvialen Trögen gelegenen Talbodens, der auch weiterhin am Gehänge unter Kuppe 1491 *m* kenntlich ist, mit rund 150 *m* über der Račkovabrücke einen

[1] H. Heß hat den Gedanken der Ineinanderlagerung der eiszeitlichen Tröge zuerst veröffentlicht (H. Heß: Der Taltrog. Petermann's Mitt. 1903, XI). Er hat diesen Gedanken aus der Betrachtung alpiner Gehängeprofile morphologisch gefolgert und in seinem Werke: Die Gletscher (p. 363 bis 375) nebst Figuren auch unter Vorlage von Photographien weiter ausgeführt und in der Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. I, p. 242 und 243, den bisherigen Ansichten gegenübergestellt. Denselben Gedanken habe ich unabhängig von Heß noch auf der Hochschule bei Betrachtung von alpinen Photographien gefaßt, aber in den Steiner Alpen keine deutlichen Spuren älterer Tröge gefunden und daher darüber nichts publiziert. Die obigen Beobachtungen beweisen geologisch, daß die eiszeitlichen Tröge ebenso ineinander geschaltet sind wie die fluvioglazialen Schotter.

Punkt der präglazialen Gebirgsoberfläche darstellt und für diese Stelle angenähert die Höhenlage des Eozäns am Gebirgsfuß vor Einbruch der Eiszeit angibt.

Das Talstück Račkovabrücke—Obečna luka führt Stadialterrassen. Bühl- und Gschnitzterrassen bedecken den Boden des Würmtroges. An der Račkovabrücke verläuft am linken Ufer eine 4·5 *m* hohe Terrasse, die wegen der 10 *cm* mächtigen (dunkelbraun gefärbten und bis oben mit Geröllen durchsetzten) Verwitterungsschichte der Bühlterrasse zuzurechnen ist. Taleinwärts ist die Bühlterrasse (mit Alphütte) 1·7 *m* hoch. Der deutlich geränderte Würmtrog, der bis zur Obečna luka nicht wesentlich an Tiefe zunimmt, ist an der konkaven Talseite mit Moräne bedeckt. Eine an hervortretenden Granitblöcken und in Einrissen kenntliche Moränendecke trägt auch der Rißtrog. Die von der Kuppe 1491 *m* nach Westsüdwest herabziehende Furche durchsetzt die drei Trogränder in verschieden tiefen Einschnitten. Der Einschnitt in der Kante des Würmtroges ist etwa 3·5 *m*, in der Kante des Rißtroges etwa 7 *m*, in der Kante des Günztroges 25 bis 30 *m* tief. In letzterem Falle ist der Einschnitt von kleinen Felsaustritten umstellt und von ansehnlicher Breite. Diese Erscheinung stimmt mit dem verschiedenen Bildungsalter der Kanten und zugehörigen Lehnen überein. Die nördliche Nachbarfurche zeigt kleinere Einschnitte und zu oberst eine von Felsnarben umstandene Vertiefung.

Die ganze Moränendecke der konkaven Talseite umzieht in Form zweier aus Granitblöcken von $^1/_2$ bis $^3/_4$ *m* Durchmesser bestehender Gehängeschwellungen den Bergsporn östlich von der Konfluenzbrücke und tritt damit in das eigentliche Račkovatal ein.

Im Mala belatal sind bis zum Beginn der Karverzweigung der Verlauf der Tröge, die Schuttkegelbildungen und einige Moränenspuren bemerkenswert.

Der Konfluenzsporn mit der Alphütte Obečna luka besteht aus vier hintereinander folgenden Endmoränenwällen des Mala belatales, die von einer 1 *m* hohen Gschnitz- und einer 1·7 *m* hohen Bühlterrasse umrändert sind. Die drei äußeren Wälle, von denen der äußerste 7 *m* mißt, sind nieder; der innerste, gleich den übrigen sanft gebogen, ist aus groben Blöcken zu-

sammengesetzt (die zum Teil an das Format rezenter Gletschertische erinnern), ist der größte und steigt am Hang 30 *m* hoch an. (Auch am rechten Hang tritt eine Schuttwelle hervor.) Schmale Niederterrassenstreifen verbinden die Wälle. Ein weiterer Rest der Niederterrasse liegt außerhalb der Wälle.

Dieses Moränengebiet, das bei 960 *m* endet, zeigt den inneren Rand des Würmgletschers an, der knapp ober der Auflösungsstelle des zusammengesetzten Gletschers anzusetzen ist. Die Distanz zwischen dem inneren und äußeren Würmgletscherstande beträgt im Račkovatale 2·2 *km*, im Smrečankatale 0·95 *km* — ein Unterschied, der mit dem verschiedenen Baue der beiden Gletschergebiete zusammenhängt.

Über den Endmoränen bezeichnet eine Reihe von kleinen Felsaustritten den Würmtrog. Die Trogtiefe ist gewachsen; der Rand des Rißtroges, der auch auf der rechten Talseite durch einen Felskopf markiert ist, überhöht um über 100 *m* das Tal. Seine Lehne ist mit kantigem Schutt bedeckt, in dem Marmorblöcke vorkommen. Aus kantigem Schutt besteht auch die Leiste südöstlich der Talkote 1015; der Rand der Leiste liegt 12 bis 17 *m* über Wasser. Dieses von Prof. Uhlig als Moräne ausgeschiedene Gebilde ist, wie der oben bezeichnete Schutt eine Obermoräne, deren Trümmer sich von den Wänden des Magura nižna ablösten.

Die beiden östlich der Kuppe Baranec 1949 *m* gelegenen Kare sind von Felswandstreifen durchzogen, verengern sich talabwärts stark und fallen in zwei Stufen, von denen die höhere dem Rißtroge, die tiefere, wahrscheinlich eine Verbauungsstufe, dem Würmtroge angehört, zum Tale ab.

Die Gräben der rechten Talseite senden verschieden alte Schuttkegel in den Talgrund. Aus dem 250 *m* südlich der Talkote 1015 *m* gelegenen Doppelgraben steigt ein Würmschuttkegel aus der Zeit des inneren Gletscherstandes herab, quert den Würmtrogrand und enthält einen Bühl- und einen Gschnitzkegel. Am linken Talgehänge durchsetzen Würmschutthalden den deutlicher werdenden Rißtrogrand.

Der Talboden, der 600 *m* nördlich der Talkote 1015 *m* von der Magura nižna herabkommt, führt einen breiten Bühlkegel, der im Gegensatz zum genannten Würmkegel nahe an den

Bach heranreicht. Die Spitze des Bühlkegels liegt unter einer Klamm, die zirka 7 *m* tief in den Rand des hier 100 *m* tiefen Würmtroges eingeschnitten ist. Dem Rande sitzt ein großer Granitblock auf.

Aus den Grabenmündungen treten Stadialkegel hervor (Fig. 6); einzelne Grabenmündungen haben Verbauungsstufen, die der Würmzeit (innerer Stand) oder Bühlzeit angehören. In dem Graben westlich der Magura nižna liegt die Spitze des Bühlschuttkegels unter der Mitte der Stufenmündung, die den Würmtrog durchschneidet.

Die rechten und linken Talgehänge zeigen unter dem Ostredok drei Tröge. Der Würmtrog hat eine Tiefe von

Fig. 6.
Bühlschuttkegel mit eingelagertem Gschnitzschuttkegel (im Mala belatale).

Fig. 7.
Die Trogränder von einem Seitengraben durchschnitten (Mala belatal).
w = Würm-, *r* = Riß-, *g* = Günztrog.

über 100 *m*; die Gesamttiefe der Tröge beläuft sich auf rund 320 *m*. Der Graben, der vom Ostredok herabläuft, durchsetzt die drei Tröge in drei Stufenmündungen, von denen die Stufenmündung des Rißtroges der Sohle dieses Troges genähert ist, die Stufenmündung des Günztroges bereits fast unkenntlich geworden ist. Diese Situation ist auf Fig. 14 dargestellt.

Gegenüber dem Ostredok liegt am rechten Ufer bei 140 *m* das Ende der Bühlmoränen. Ihr bis 30 *m* breiter Blockrücken steigt rasch an, läßt zum Gehänge eine Furche von 5 *m* Tiefe frei, in welcher ein fast ganz mit Schilf zugewachsener, zum Teil mit vermoderten Baumstämmen erfüllter Tümpel von 30 *m* Länge und 15 *m* Breite Platz findet. Talaufwärts verbreitert sich die Moräne zu einer Gehängestufe.

Ein merkwürdiges Flächenstück liegt an der Mündung des vom Ostredok nach Westsüdwest herabziehenden Grabens. Dieser Graben, der sich aus einer von Felspartien durchsetzten und dem Gipfelblock des Ostredok 2049 *m* bekrönten Kammes entwickelt, durchsetzt mit breitem Profil den Rißtrogrand, bildet eine Stufe und läuft in einer ziemlich glatten, berasten, zungenförmig gegen das Tal vorspringenden Fläche aus. Diese Mündungsfläche ist die Sohle einer kleinen trogartigen Einsenkung, die den Würmtrogrand unterbricht. Unter der kantig begrenzten Fläche fällt der Seitenbach über die restliche Würmtrogwand zu Tal. Unter dem Südrand der Fläche setzt Moräne ein, an der Leeseite des Vorsprunges abgesetzt. Hier stieß ein steiler Gehängegletscher vom Ostredock ins Haupttal. Da die genannte Fläche nicht talauswärts umbiegt, dürfte der Seitengletscher auch nicht weiter gereicht haben. Seine Mächtigkeit beläuft sich auf zirka 50 *m*. Das Fehlen des Bühlkegels an diesem wie am nächsten Graben im Norden zeigt, daß die Grabenmündungen im Gebiete des Bühlgletschers liegen.

Der nächste Graben am linken Ufer mit größerem Einzugsgebiete hat eine deutliche Stufenmündung mit Wasserfall. An den oberen Rand der Schlucht schließt talwärts eine Fläche an, die aus dem Graben herauskommt, umbiegt, dem Haupttalgehänge entlang läuft und bald endet. Man hat hier das Ende der Bahn eines Seitengletschers vor sich, der den Hauptgletscher nur eine kurze Strecke begleitete. Diese Mündungsfläche drückt den Trogrand des Haupttales etwas herab.

Verallgemeinert man diese Beobachtungen, so muß den Seitengletschern eine Bearbeitung der Trogränder des Hauptgletschers zugeschrieben werden, und zwar in dem Sinne, daß der Trogrand des Hauptgletschers herabgedrückt wird, der Trogrand des gleich alten Seitengletschers für sich am Hang gebildet wird und den Trogrand des Hauptgletschers überhöht. Auf diese Weise mußten Tröge mit gestuften Wandungen entstehen, wobei die ganze Bildung als das Werk eines zusammengesetzten Gletschers zu betrachten wäre. Solche Tröge mit gestuften Wandungen einer Eiszeit wären wohl zu unterscheiden von den oben nachgewiesenen ineinander geschalteten

Trögen der einzelnen Eiszeiten. Diese sind durch die Kontinuität des Trograndes ausgezeichnet. Jene sind durch Unterbrechung der Kontinuität gekennzeichnet, durch Fortsetzung des Seitentalbodens der Lehne des Haupttales, durch das Ende dieses Talbodens an der Stelle, wo der durch Pressung des Hauptgletschers verlängerte Seitengletscher sein natürliches Ende fand. In Gebirgen, wo der Unterschied zwischen Haupt- und Seitengletscher gering ist und letztere überhaupt schwach sind, wird der einfache Trog der Hauptform bleiben. Die erwähnten Flächenstücke, an die diese Betrachtung anknüpft, sind in den Liptauer Alpen auch vereinzelte Vorkommnisse. Andere Beobachtungen, welche diese Anschauung bestätigen, habe ich in den Ostalpen gemacht. Ich hoffe die Richtigkeit dieser Anschauung an einem konkreten Beispiel erweisen zu können.

Diese Beobachtungen werfen ein neues Licht auf die Deutung der Talbodenreste. Es lassen sich neben präglazialen Talböden (Penck und Brückner) und den Trogresten älterer Eiszeiten, noch Tröge mit gestufter Wandung, d. h. mit den Bahnen der Seitengletscher unterscheiden. Danach erscheint das Problem der älteren Talböden weit komplizierter, als man bisher annimmt. Eine Betrachtung aller Einzelheiten wird auch hier sichere Orientierung schaffen.

Die von Prof. Uhlig ausgeschiedene Moränenbildung ist eine zur Seite gerückte Mittelmoräne. Das östliche Gehänge zeigt die drei übereinander gelegenen Tröge. Der Würmtrog zeigt zu unterst einen kleinen Anschnitt, der dem Bühltrog zugehören dürfte. Über dem dritten obersten Troge ist der Rest eines geräumigen Talbodens erhalten. Dieses Gehängeprofil ist in Fig. 8 wiedergegeben.

Im Umkreise der Alphütte, 0·9 *km* nördlich der Talkote 1211 *m*, vereinigen sich die aus dem Schlußgraben des Tales hervortretenden Gschnitzkegel.

Bemerkenswerte Details bietet das zwischen Kote 1797 *m*, Plačlivo 2126 *m* und Rohač 2072 *m* ausgespannte Plačlivoostkar. Der vom Plačlivo nach Süden abgehende Kamm läßt einen kurzen Kammast nach Osten ausstrahlen, dessen Endkuppe Kote 1797 *m* von der Kammwurzel abgesattelt ist und in ihrer

Form den alpinen Torsäulen[1] entspricht. In der Absattlung selbst liegen, dem alten Kammverlauf folgend, zwei Mittelmoränen übereinander. Sie gehören nicht der Gschnitz-, sondern der Bühlzeit an. Da sie im obersten Firngebiete liegen, Firnmulden begrenzen, deren Verschmelzung andeuten, vertreten sie eine zu Falle gebrachte Karscheide und dürften zum Teil aus dem Prozesse der Karabwitterung hergeleitet werden. Zweifellos ist die Stelle, wo die Moränen liegen, ein jüngerer Kammpunkt als der Kopf 1797 *m*. Daraus ergibt sich zunächst, daß kammaufwärts jüngere Flächenstücke vorkommen können als kammabwärts. Aus den Moränen gehen bergwärts kleine Kammansätze hervor, an welche die Kammwurzel anschließt.

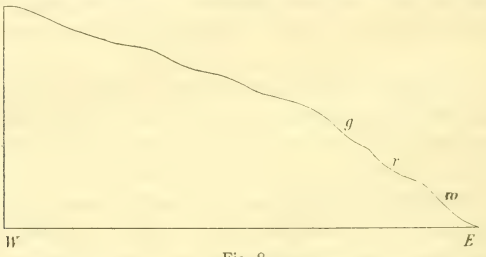


Fig. 8.

Gehängeprofil im Mala belatal, östlich vom Smerck 2089 *m*.

Die Absattlung der Torsäule erfolgte demnach genau an jener Stelle, wo die benachbarten Firnmulden sich einander am meisten näherten, das ist aber dort, wo die Fußlinien der benachbarten Flächen von Drei- oder Vierkantern[2] fast oder ganz zusammentreffen.

Nördlich unter dem Felskopf 1797 *m* ziehen in einer Höhe von 1600 bis 1650 *m* krummholzbewachsene Wälle am Gehänge; es sind Schneehaldenfußwälle der Gschnitzzeit, denen eine Höhe der Schneegrenze von 1800 *m* entspricht.

Über diesen Schuttwällen liegen die Schutthalden des Daunstadiums. Parallel zu den Schuttwällen verläuft etwas

[1] Lucerna, Gletscherspuren in den Steiner Alpen. Geograph. Jahresbericht aus Österreich, IV. (1906), p. 70.

[2] Richter, Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Peterm. Ergh. Nr. 132, p. 62.

tiefer eine Seitenmoräne, die in die großen Blockwälle des Gschnitzstadiums übergeht. Letztere reichen bis nahe an den Karausgang und erfüllen die Höhenstufe 1400 bis 1500 *m*. Während die Gipfelabdachung des Plačlivo von Rasenhängen und vereinzelten Felsflächen eingenommen wird, hat der Rohač einen festungsartigen Aufbau. Seine finsteren, von Runsen durchschnittenen, von Rasenbändern durchsetzten Granitwände gehen nach unten in rezente Schutthalden über, die zu unterst die riesenhaften Granittrümmer der Schneehaldenfußwelle der Daunzeit abschließen.

Das Uplesikar, dessen Sohle durch eine Felsschwelle getrennte Seen geziert wird, wird im Süden von einem wenig felsigen Rasenhang begrenzt. Der Querschnitt des Kammes ist gewölbt.

Eine mit Geröll überstreute Rasenfläche erhebt sich spitz gegen den Rohačturm, dessen felsiger Nordnordostgrat kurz vor dem Graskamm des Sattels zwischen Rohač und Volovec endet. Dieser Grashang erhebt sich, durch eine parallel zum Kamm verlaufende Furche geteilt, zum Gipfel des Volovec, dessen Südhang entgegen der Darstellung auf der Originalaufnahme eine ausgedehnte Rasenfläche mit wenigen Felsaustritten ist. Vom Südhang des Volovec gesehen, verändert der gespaltene Gipfel des Rohač seine Gestalt, indem er der Reihe nach den charakteristischen Formenumriß der Gipfel: Uschba, Matterhorn, Zimba, Tribulaun nachahmt. Der Rohačgipfel vertritt in den Liptauer Alpen den Hochgebirgstypus am deutlichsten, während der Volovec, obgleich fast gleich hoch, ein echter Graskantengipfel ist.

Die Sohle des Uplesikars ist von vielkuppigen Moränen erfüllt, zwischen denen nur wenige Rundhöcker sichtbar sind. Zwei Wälle, die sich aus dem Blockgewirr loslösen, begleiten das Gehänge, schließen sich zu Endmoränen zusammen, die ein kleines Zungenbecken des inneren Randes des Gschnitzgletschers umspannen. Dieses wird von einer mit nur wenigen rezenten Blöcken bedeckten Rasenfläche eingenommen. An dieser Stelle lag vor der Daunzeit ein See. Die Höhe der Endmoräne beträgt 1640 *m*. Talauswärts folgt ein zweiter Wall mit einer Firsthöhe von 1580 *m*.

Wenden wir uns dem eigentlichen Račkovatale zu, dessen Mündung an der Obečna luka gelegen ist. Durch das Tal zieht ein Streifen Niederterrasse, der große, gut gerollte Granitblöcke aufweist, dann Grundmoränenmaterial enthält und als Moräne endet (bei 1000 *m*). Die Moräne besteht aus einer Blockmasse rechts und einer kurzen Mittelmoräne, die nach Norden 3·5 *m*, nach Süden 7 *m* hoch zum Bache abfällt. Diese Moränen sind 0·5 *km* von der Konfluenzbrücke entfernt und markieren den inneren Stand des Würmgletschers. Sie haben dasselbe Alter wie die Moräne der Obečna luka.

Am linken Talgehänge liegt auf einer Felsstufe Grundmoräne, überlagert von einem Schuttkegel. Die Granitblöcke, die auch über den Rißtrog verstreut sind, zeigen die Fortsetzung der Grundmoränendecke an, die am Gehängepfeiler gegenüber der Obečna luka umbiegt. Einige parallele Längslinien der Decke zeigen verwaschene ältere Moränenstreifen an.

In dem Talstück bis zur Wegbrücke folgt zuerst ein Niederterrassenteilfeld, dann eine Blockstufe aus Grundmoränenmaterial, die den Anfang eines bereits von Prof. Uhlig kartierten weitläufigen Moränenstreifens bildet. Dem Innenabfall der Blockstufe ist eine ansehnliche entwickelte Bühlterrasse mit Resten der übrigen Stadialterrassen angelagert. Im Abfall der kompakten Moräne sind Spuren von Schrammung auf Granitblöcken kenntlich. Es ist das einzige Vorkommnis dieser Art, dem ich in den Liptauer Alpen begegnet bin. Die Blockstufe, die am Südende 14 *m*, an der Brücke 17 *m* hoch ist, wird vom Berghang durch eine im Norden von Schutthalden verdeckte Furche abgegliedert. Von der Seitenmoräne liegen zuerst zwei je 4 *m* hohe Querwälle, dann bei der ersten Alphütte ein hackenförmiger Endmoränenwall von 7 *m* Höhe und bei der zweiten Alphütte ein niedrigerer Wall zur Talmitte um. Zwischen den Moränen liegen Niederterrassenteilfelder.

Auch auf der linken Talseite liegt eine Seitenmoräne, zu der sich aus einem Seitengraben ein Niederterrassenkegel herabsenkt. Wo der Wald endet, verläuft die Moräne als leichte Schwellung am Hang.

An der Brücke steigt ein Bühlschuttkegel aus dem südlichen Graben der Kuppe 1764 *m* durch die Würmmoräne ins

Tal herab. Nördlich davon senkt sich ein Ast der linken Würmseitenmoräne ins Tal, auf der Innenseite von der Bühlterrasse begrenzt. Diese bewaldete Seitenmoräne ist eine der größten des Gebietes. Vom Berghang wird sie durch eine, von einem Pfade benutzte und stellenweise erweiterte Furche abgegliedert. An der Stelle, wo der Graben von Kuppe 1764 *m* sie durchschneidet, liegt ihr First 110 *m* über Tal. Die Grabenmündung erfüllt ein großer Bühlkegel, der auf die vorhin erwähnte Bühlterrasse ausläuft. Seine Oberfläche ist jedoch so unregelmäßig, daß hier ein verschütteter Bühl- und Moränenstock liegen dürfte. Für diese Annahme spricht, daß taleinwärts vom Bühlkegel ein breiter Trog (der nicht von Würmmoränen verengt ist) beginnt, dessen Grund nur mehr die Gschnitzterrassen einnehmen. Ferner ist westlich der Kote 1239 *m* der rechte Flügel der Bühlmoränen als Seitenmoräne mit Querwall erhalten. An die Außenseite der 10 *m* hohen Blockwälle legt sich ein seitlicher Schuttkegel (Höhe zirka 1250 *m*).

Weiter im Norden folgt am Talhang eine Reihe regelmäßig ausgebildeter Gschnitzkegel.

Das Ostgehänge des Ostredok und des Jakubina zeigt eine kräftige glaziale Bearbeitung. Flache Tröge, die nach außen an Tiefe zunehmen, und den Würmtrogrand unterbrechen, führten kurze, steile Seitengletscher dem Haupttale zu. Die zwischen den Seitentälern vorspringenden Kämme zeigen an ihrem Außenabfall die durch Felsaustritte markierten Reste des Würm-, Riß- und Günztroges. Der Rißtrog hat eine geschätzte Tiefe von 100 *m* (Fig. 9).

Die Bühlmoränen des Račkovatales liegen weiter, die Würmmoränen dieses Tales weniger weit talauswärts als im Mala belatale, weil im ersten Tale die oberen, in letzterem die unteren Teile des Gletschers stärker gespeist werden konnten.

Bistratal. Trefflich sind die Moränen erhalten an der Mündung des kurzen, steilen, an der Bistra 2250 *m*, der Kulmination der ganzen Gruppe entspringenden Bistratales. Die Brücke an der Talmündung bezeichnet ungefähr das Ende der Gletscherzunge. Die Endmoränen springen noch etwas südwärts vor, so daß das Zungenende bei 1050 *m* anzusetzen ist (Schneegrenze bei 1600 *m*). Knapp über der Brücke mündet die

900 *m* lange, wohlausgebildete Mittelmoräne. Ihr aus groben Granitblöcken bestehender First steigt vom Fußpunkt weg erst 10°, dann sanfter zirka 45 *m* hoch an. Dabei erhebt sich die Mittelmoräne über die westliche Furche, der der Weg folgt, 20 *m*, über die östliche, vom Bache durchmessene Schlucht 25 *m*. Ihr Nordende biegt zum rechten Talhang um und heftet sich an diesen. Hier ist ihrer Ostseite die Bühlterrasse mit 3 *m*, die Gschnitzterrasse mit 1 *m* Kantenhöhe angelagert. Im Westen verläuft eine mit der Endmoräne verbundene rechte Seitenmoräne, die 4 bis 5 *m* Höhe nicht übersteigt. Sie zeigt alle Schwankungen der Firstlinie der Mittelmoräne, hat eine Einsenkung, wo diese einen Sattel besitzt, schwenkt an derselben Stelle nach Nordwest ab, wo die Mittelmoräne zum Hange um-

Fig. 9.

Westgehänge des Račkovatales.

biegt. Die linke Seitenmoräne ist als mächtige Blockanhäufung am besten am Hange südwestlich der Kote 1534 entwickelt.

Die genannten Moränen gehören zum inneren Stande des Würmgletschers. Sie werden überhöht am rechten Ufer von Blockanhäufungen, am linken Ufer von einer den Kamm mit der Kuppe 1534 *m* fortsetzenden linken Seitenmoräne. Man würde sie bei ihrer beträchtlichen Höhe für Altmoränen halten müssen, würde nicht aus ihnen die Niederterrasse, die einige hundert Schritte talauswärts 3·5 *m* über der 1·7 *m* hohen Bühl- und 1 *m* hohen Gschnitzterrasse mißt, hervorgehen. Dagegen ist eine verwaschene Blockwelle außerhalb der genannten Seitenmoräne wohl den Altmoränen zuzuzählen.

Die linke Seitenmoräne liegt bereits außerhalb des Gebirgsabfalles, senkt sich erst unter 7°, dann unter 20°, den Ab-

schwung der Gletscherzunge wiederholend. An der Stelle, wo diese Seitenmoräne an das Gebirge anschließt, setzt der Würmtrograud ein. Die Moräne setzt hier das Felsbett des Gletschers, der über den Gebirgsfuß ein wenig hinausragte, genau fort. Die Erosionsform des Gletschers setzt sich unmittelbar in die Akkummulationsform fort.

Am Innenende der Mittelmoräne mündet von Westen ein Graben, der von dem zu keiner nennenswerten Mulde ausgeweiteten Graben Na hola herabkommt. Die Mündung dieses Grabens ist verbaut. Der eingelagerte Blockkörper erhebt sich mit seiner Kante 80 *m* über Tal, was der Höhe der Trogkante am östlichen Ufer mit rund 70 *m* ziemlich gut entspricht. Zur Kante senkt sich eine schwach geneigte Rasenstufe. Das ganze ist der durch den Gletscherriegel aufgestaute Niederterrassenschotter des Grabens. Etwas höher liegt eine zweite Blockmasse, wahrscheinlich der Rest der Verbauung der Rißeiszeit.

Taleinwärts stößt man bei 1360 *m* auf die eine mächtige Blockstufe bildenden, aus vier Querwällen und einer Mittelmoräne zusammengesetzte Bühlmoräne. An dieser Stelle enden die Bühlschotter. Mächtige Blockstufen liegen zu beiden Seiten des Tales unter Ježova und Široki Uplazi, Seitenmoränen der Bühlzeit.

Das wohlausgebildete Doppelkar im Süden der Bystra ist von mächtigen tief herab auslaufenden Blockmassen erfüllt, dessen südlichen Teil bereits Prof. Uhlig auf der geologischen Spezialkarte der Tatra als Moräne bezeichnet hat und die dem Gschnitzstadium angehören. Blockanhäufungen dieser Zeit erfüllen auch den Grund des Kares hinter der Ježova.

In folgendem werden die Trogverhältnisse des Bystratales zusammenfassend gegeben. An dem Gehängevorsprung, der südwestlich von der Kuppe 1534 *m* in das Talknie der Bystra vorspringt, sind vier Tröge übereinander entwickelt. Die Gesamttiefe der glazialen Tröge beläuft sich hier auf 220 *m*. Hiervon entfallen auf den Würmtrog 70 *m*, auf den Rißtrog 60 bis 70 *m*, auf den Mindeltrog 35 *m*, auf den Günztrog 25 *m*. Über den oberen Rand des Günztroges erhebt sich die Schnittlinie des gewölbten Kammes nur mehr zirka 10 *m*. Dieses

Hangprofil ist in Fig 10 wiedergegeben. Aus demselben geht zum erstenmal mit voller Deutlichkeit hervor: eine Abnahme der Trogtiefen und eine kleine Zunahme der Trogbreiten von unten nach oben. Die Stelle dieses Profiles befindet sich — fern von den Karen, nahe der Gletscherzunge — im Gebiete abnehmender Erosion. Die Überhöhung des Günztrograndes durch den Kamm ist hier ausnahmsweise gering. Das erklärt sich aus dem starken örtlichen Zurückweichen der südlichen Gebirgsabdachung.

Der Mindeltrog, der bisher nur selten angedeutet war, erscheint hier zuerst deutlich. Doch war er bisher nur in der Wandung des Günztroges verborgen. Summiert man nämlich im letzten Profil die Werte für den Mindel- und Günztrog, so

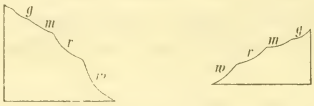


Fig. 10*a* und *b*.

Trogprofile im Bisztratal.

(Die Buchstaben bedeuten die Tröge der vier Eiszeiten.)

ergibt sich eine Tiefe, die dem Riß- oder Würmtrog ziemlich entspricht. Damit stimmt überein, daß überall dort, wo bisher nur drei Tröge unterschieden wurden, die Trogtiefen nicht allzusehr voneinander abweichen.

Die Troggehänge im letzten Profil zeigen die Spuren verschiedenen Alters. Aus dem Würmtrog streben Felsriffe zur Kante empor. Die Riffe sind zu unterst von Schutthalden ummäntelt, deren tiefere Partien mit Gras, die höheren mit Flechten überzogen sind. Die Felsaustritte der höheren Tröge sind abgewittert.

Das Trogprofil im Ostabfall der Ježova (Fig. 16*a*) zeigt den Mindeltrog wieder undeutlicher. Die geschätzten Vertikalabstände der einzelnen Tröge sind von unten nach oben: 135 *m*, 100 *m*, 60 *m*, 45 *m*; Kammüberhöhung zirka 30 *m*; somit Gesamttrogtiefe 340 *m*. Das Profil liegt etwa in der Mitte der Gletscherlänge und dürfte das Profil der Maximalerosion sein.

Das Studium der Alpengletscher hat nun gelehrt, daß die Eisströme der einzelnen Eiszeiten nur um Bruchteile ihrer Länge verschieden waren. Aus den obigen Profilen geht hervor, daß auch die Masse eines und desselben Eisstromes in den verschiedenen Eiszeiten eine ziemlich gleiche gewesen sein kann, indem die älteren Eisströme breiter, aber zugleich seichter waren als die jüngeren.

Die Kammüberhöhung ist im Ježovaprofil gering. Weiter talauswärts beträgt sie über dem Günztrogrande 150 bis 200 *m*. Daraus geht hervor, daß sich die glazialen Erosionsböden gebirgswärts der heutigen Kammlinie nähern.

Wenn man von breiteren älteren und schmäleren jüngeren Gletschern spricht, darf dabei nicht vergessen werden, daß die Trogwandungen um so stärker verwittert sind, je älter sie sind. Der Würmtrogrand nimmt heute wohl dieselbe Position ein wie nach Abschluß der Würmeiszeit. Daß die älteren Tröge nicht durch die Verwitterung ihre Verbreiterung erhalten haben, sondern ursprünglich als breitere Tröge geschaffen wurden, geht aus dem Zustande der Trogränder, die sich erhalten haben, hervor. Jedenfalls sind die Trogränder Reste ursprünglicher Formen.

Kamenistatal. Überraschend gut entwickelt sind die Moränen an der Mündung des Kamenistatales. Das in zwei Flügel geteilte Würmmoränengebiet wird umspannt von einer bogenförmigen und in der Mitte vom Bach zerschnittenen Blockwelle von ausgeglichenen Formen. Diesem Altmoränengürtel lehnt eine schmale Schotterfläche an, die über der Bühlterrasse des Belabaches 17 *m* hoch abbricht und wahrscheinlich nicht Hochterrasse, sondern Niederterrasse des Haupttales ist.

Der linke Flügel der Würmmoränen besteht aus drei Wällen, von denen der dem Bache zunächst liegende sich talauswärts zu einer hohen Blockkuppe emporschwingt, während die übrigen in die Talmündung eintreten.

Auf der rechten Talseite erhebt sich 10 *m* über dem Kamm der Altmoräne ein von letzterer durch scharfen First und Blockaustritte zu trennender Wall. Er markiert den äußersten Stand des Würmgletschers. Nordwärts folgen zwei weitere Wälle mit ähnlichen Firsthöhen und Furchentiefen von 3 bis 4 *m*. Der

innerste dieser Wälle fällt unter 35° Böschung 22 *m* hoch zu einem Niederterrassenteilfeld ab, dessen Kanten noch 8 *m* über dem Bachspiegel liegen. Die Niederterrasse entspringt taleinwärts einem vierten Blockwalle, der den inneren Stand des Würmgletschers bezeichnet. Die zugehörigen Seitenmoränen lassen sich als Blockstufen dem Talgehänge entlang verfolgen. Im Talboden breitet sich die bis 3 *m* hohe Bühl- und als schmale Leiste die Gschnitzterrasse aus.

Somit hat auch der Kamenistagletscher, dessen äußerste Blockkuppe mit 992 *m* kulminiert, dessen Ende bei 980 *m* anzusetzen ist, den Gebirgsfuß wie den Rostokagletscher, und zwar um 1 *km* überschritten, während des inneren Standes sich jedoch bis knapp an den Gebirgsfuß zurückgezogen. Die Gletscherzunge war, nach den Moränen berechnet, nicht viel über 100 *m* breit. Die Schneegrenze hatte eine Höhenlage von 1500 *m*.

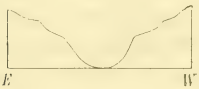


Fig. 11.

Mündungsprofil des Kamenistatales.

Der Würmtrog an der Talmündung ist verhältnismäßig breit (zirka 140 *m*) und 130 *m* tief. Die Felsrisse des Rißtroges sind zum Teil vernarbt. Die Lehne des Günztroges ist fast völlig berast. Die geschätzten Höhen der Trogtiefen betragen 130 *m*, 70 *m*, 30 *m* (Fig. 11). An der Stelle, wo der linke Rißtrograud am Gebirgsabfall endet, knüpft sich daran ein aus moränigem Material aufgebauter Wall, der eine Seitenmoräne der Rißzeit darstellt.

Die Seitenmoränenstufen begleiten beiderseits tief unter den Trogrändern der Würmzeit den Berghang; sie gehören zum inneren Stande. Die Bühlterrasse, die sich an der Talmündung von der höheren Niederterrasse scharf trennen läßt, steigt bis 3·5 *m* an und geht in das aus einem mit Firsten versehenen Doppelwall (5 bis 7 *m* über dem Bühlschotter) und einer inneren Blockmasse bestehenden Bühlmoränengebiet über (1250 *m*). Dieses quert, zum Teil bewaldet und vom Bach inmitten entzwei geschnitten, den Talboden. Der Außenrand der Bühlmoräne berührt den Innenrand der Würmseitenmoräne, welche taleinwärts zurücktritt. Auch das Kamenistatal ist demnach innerhalb der Bühlmoräne weiter und freier als außerhalb. Der

Würmtrogrand ist stark durchschluchtet. In fast regelmäßigen Abständen steigen die Gschnitzschuttkegel, deren rezente Einrisse von schmalen und niedrigen Daunschuttleisten begleitet werden, in den Talgrund. Die durch diese Kegel verstärkte Gschnitzterrasse streicht 1·5 *m* hoch durch die Bühlmoränen durch und lagert sich an den Abfall der Bühlterrassen an.

Der 7 *km* lange Kamenistagletscher war besonders im Zungengebiete schmal. Der Gletscher wurde hauptsächlich durch die Firnmassen der Seitengehänge ernährt, während der Talhintergrund, in dem der 1789 *m* hohe Sattel Pyszna liegt, wenig Firn beisteuerte.

Die Summe der Trogstreifen beträgt an der Kote 1504 *m* zirka 260 *m*, im Querprofil der Kote 1883 *m* — im Gebiet der Maximalerosion 400 *m*, die Kammüberhöhung fast 200 *m*. Zur Velka Kamenista 2128 *m* nimmt die Kammüberhöhung wieder ab. Im Südwestgehänge dieses Graskantengipfels sind vier schwache Abstufungen kenntlich. Der obere Rand der obersten Stufe liegt wenig über 100 *m* unter dem Gipfel der Velka Kamenista.

Den Rasengehängen dieses Gipfels sind einige frische Anrisse eingesenkt. In einem dieser Anrisse lag in der ersten Hälfte des Monates August 1907 ein Schneefleck. Es ist möglich, daß die Bildung dieser Anrisse mit Schneeflecken zusammenhängt, an deren Rändern wie am Boden das Gestein gelockert wird und ein »Einfressen« eines Lawinenrestes ermöglicht.

Hlintal. Auf der Südseite der Liptauer Alpen bleiben die Gletscher im westlichsten Teil im Gebirge, nähern sich aber dem Gebirgsfuße und überschreiten diesen um so mehr, je näher wir der Hohen Tatra kommen, ohne daß jedoch die Gletscherzungen irgendwo miteinander in Verbindung träten. Dieses Herauswachsen der Gletscher aus den Gebirgstälern ist gewiß eine Wirkung des Eiszentrums der Hohen Tatra. Diese Wirkung erlischt an den östlichen Gletschern der Liptauer Alpen, die durch die kleine Granitmasse der Velka Kopa 2054 *m* von der Hohen Tatra getrennt sind und nur bis knapp an das Tychatal heranreichen.

Die Blockablagerungen des kurzen, im Westen geräumigen Hlintales sind ziemlich beträchtlich. Die Mündung des Tales ist eine vom Bache durchschnittene Stufe. Auf der Südseite lagert der Stufe Endmoräne auf bei 1100 *m*, deren scharfer Kamm im schwachem dem Berghange anliegt und als Seitenmoräne fast bis zur Talkote 1175 *m* weiterstreicht. Ein frisch angelegter Holzweg durchschneidet das kompakte granitische Material und dessen felsige Unterlage, die von Klüften durchsetzt und gelockert ist. — Die Schneegrenze des Hlintales lag bei 1500 *m*.

Die Bachrunsen, die von Kote 1883 *m* herablaufen, führen Bühl- und Gschnitzkegel.

Von Talkote 1175 *m* an verlaufen Seitenmoränenstufen (besonders mächtig ist die am linken Ufer) auf beiden Talseiten, bis über die Talteilung, die 550 *m* nordwestlich der Talkote 1175 *m* gelegen ist, hinaus. Der Sporn zwischen beiden Tälern besteht aus einer 14 *m* hohen Mittelmoräne, die mit den beiden Seitenmoränen, in die sie sich gabelt, dem inneren Stande des Würmgletschers angehört. In der Gabel der Seitenmoränen erhebt sich 40 *m* höher ein kurzes Mittelmoränenstück des äußeren Standes des Würmgletschers. Der zugehörige Trog ist bei 70 *m* tief und hat im Westen steile schwarze Granitwandungen. Darüber erheben sich die beiden Ostkare der Velika Kamenista 2128 *m*, von denen das südliche gut ausgebildet ist. Auch der folgende südliche Graben nährte den Gletscher, der an der genannten Stelle mit dem vom Tomanovagipfel 1979 *m* herabkommenden Aste zusammenwächst.

Taleinwärts liegen im westlichen Tale bei 1380 *m*, im östlichen bei 1320 *m* die bewaldeten Blockanhäufungen der Bühlmoräne.

Tomanovatal. Das Tomanovatal verläuft an der Grenze zwischen der Granitmasse der Liptauer Alpen im Süden und ihrer mesozoischen Vorlage im Norden. Nördlich vom Granit des Gipfels Tomanova polska 1979 *m* und Tomanova liptovska folgt ein westöstlich verlaufendes Band permischer Quarzite. Diese werden von Schiefern der unteren Trias begleitet, in welche Tomanovapaß und Talfurche eingeschnitten sind. Die Höhen im Norden davon, der Czerwony-wierch 2128 *m* und

seine Gratkuppe werden von Lias-Jurakalk aufgebaut, in welchen auch das Spoderital, das von Norden her in das Tomanovatal mündet, eingesenkt ist.[1]

Die Würmmoränen des kurzen zusammengesetzten Tomanovagletschers liegen wie beim Hlingletscher an der Talmündung. An der Tychabrücke liegt am rechten Ufer auf einem Granitsockel von 10 *m* Höhe das Ende des Übergangskegels der Niederterrasse, dessen bewaldete Fläche sich langsam gegen Nordwesten hebt, bis der Steilabfall der mit zum Teil großen Kalkblöcken übersäten Endmoräne emporsteigt. Der Fußpunkt der Endmoräne liegt bei 1260 *m*. Auf ihrer breiten zum Teil waldfreien Oberfläche, die steil gegen die Schlucht des Baches abfällt, liegt eine auf der Spezialkarte nicht verzeichnete Salasche. (Schneegrenze des Würmgletschers bei 1500 *m*.)

Der Raum zwischen Tomanova- und Spoderibach wird durch eine weit auslaufende, vielkuppige, kalkige Mittelmoräne gebildet. Am Bergfuß teilt sich die Mittelmoräne in zwei Äste, die zwischen sich einen vertieften, berasten Raum frei lassen. Der südliche Ast besteht aus zwei Stufen, von denen sich der untere in Form eines Doppelwalles dem Tale zukrümmt und die innere Würmendmoräne des einfachen Tomanovagletschers darstellt. Auch der waldbedeckte rechte Moränenflügel am südlichen Ufer ist erhalten. — Die höhere Seitenmoräne, die dem äußeren Rande des Würmgletschers entspricht, liegt bei 50 *m* über dem Bache. Auch im Spoderital ist der innere Rand der Würmmoränen westlich vom Javor sowie weiter oberhalb der Würmtrogrand deutlich entwickelt.

Im Mittelstück des Tomanovatales hat bereits Prof. Uhlig Moränen beobachtet. Sie gehören dem Bühlstadium an und bestehen aus zwei Endwällen, deren seitliche Fortsetzung durch Schneehaldenfußwälle des südlichen Talgehänges bedeckt sind (Höhenlage zirka 1400 *m*).

Taleinwärts steigen die Gschnitzterrassen zu den Wällen[2] des Gschnitzstadiums empor. Die südlichen Wälle umschließen

---

[1] Siehe Geologische Spezialkarte der Tatra.

[2] Bereits von Rehmann als Moränen erkannt. L. c. p. 524.

den schönen Karboden unter dem Graskantengipfel Tomanova polska 1979 *m*. Im Karboden liegen vermoorte kleine Karseen. Die äußeren der krummholzbedeckten Wälle sind bis 7 *m* hoch und bis auf eine Unterbrechung zusammenhängend; die inneren Wälle sind in Blockkuppen aufgelöst. Wo die von Rasenhängen überhöhte Karwand am höchsten emporreicht, sind auch die Wälle am weitesten talauswärts geschoben. Dem Punkte der größten Firnanhäufung ist auch die am höchsten reichende Untergrabung des Hanges zuzuschreiben. — Der Karwandstreif ist durchfurcht. Die aus den Furchen hervortretende Daunschuttkegel reichen bis an die inneren Gschnitzwälle (Höhenlage der letzteren 1600 *m*).

Die nördlichen Gschnitzwälle können nur mehr den Rang von Schneehaldenfußwällen beanspruchen. Der Übergang von echten Moränen in Schneehaldenfußwälle vollzieht sich hier mit dem Wechsel der Exposition. Der wenig breite Raum zwischen den nördlichen Wällen und dem Felshang des unbenannten Kalkkopfes im Norden des Tomanovapasses wird von dicht berasten Schuttkegeln eingenommen. Sie gehören dem Daunstadium an. Der größte dieser Schuttkegel, der zwischen dem Passe und der zirka 50 *m* hohen Stufenmündung der Sistlovka gelegen ist, besitzt auf seiner Oberfläche eine schüttere Streu von Kalkblöcken, von denen einzelne die Wälle erreicht haben. Diese Blockstreu stellt die seit der Daunzeit vor sich gegangene rezente Abtragung der darüber aufragenden Felswand dar.

Die näher dem Passe 1689 *m* gelegene Daunkegel reichen mit ihren Spitzen an den Kamm, der vom ungenannten Felskopf zum Paß herabzieht, empor. Man sucht heute vergeblich die Felswände, von denen sich diese Schutthalden abgesondert hätten. Auch fehlt rezenter Schutt. Es war demnach noch zur Daunzeit der Grat mit Felsköpfen besetzt, die zu Schutthalden zerfielen. Von ihnen sind heute nur mehr kleine, fast ganz mit Rasen überzogene Felsnarben übrig.

Aus diesem Beispiele mag man ersehen, welche bedeutenden Veränderungen die obersten Teile des Gebirges während der Stadialzeiten, geschweige denn während der Eiszeiten, erfahren haben müssen.

Auch die Kammlinie des Tomanovapasses ist in der Daunzeit umgewandelt worden. Die Kammlinie zeigt drei, wenige Meter tiefe, Sättelchen, in deren Fallinie völlig beraste, glatte Schuttkegel zwischen gleichfalls berasten Gehängepfeilern, die nach oben in kleine Paßköpfe ausgehen, herabziehen. Vor der Daunzeit erfüllten die Kegel noch die über ihnen befindlichen Nischen und Sättelchen. Die merkliche Veränderung der Paßlinie hängt damit zusammen, daß hier die weichen untertriadischen Schiefer (siehe Geologische Spezialkarte) durchstreichen, welche die Anlage des Passes förderten, und dort, wo sie die Querkämme der Liptauer Alpen schneiden, zur Sattelbildung Anlaß gaben (so im Sattel südlich der Telkowe kominy 1465 *m*, im Sattel des Spornes zwischen Staru robotu und Jarzebicatal, im Sattel Koučiste vrh 1355 *m*).[1] Die rezenten Veränderungen am Tomanovapasse bestehen aus kleinen Anrissen in den Daunnischen und untergeordneten kleinen Grasschlipfen.

Die geringen Beträge der rezenten Veränderungen zeigen, daß die Gehängeformen im Hintergrunde des Tomanovatales seit der Daunzeit fast unverändert bestehen. Daher hat sich in diesem Teile des Gebirges das Daunrelief erhalten. Es setzt sich zusammen aus den Veränderungen der Daunzeit (Abtragung von Gratköpfen, Bildung von Sättelchen, Durchfurchung der Karwand) und den Überresten aus der Gschnitzzeit, welche ansehnlicher erscheinen. Zu diesen gehören im Süden: die Gschnitzwälle, die kleinen Wannen mit dem Karboden, die Karwandung und das bis zum Gipfel 1979 *m* emporreichende Rasengehänge. Im Daunrelief herrschen demnach noch Elemente der Gschnitzzeit vor. Verallgemeinert man diese Beobachtungen auf das ganze Gebirge, so wird man den obersten Teilen des Gebirges eine große Jugendlichkeit der Form zusprechen müssen.

Der Tomanovapaß ist zu oberst berast und gewölbt; die Fläche senkt sich erst wenig, dann steiler nach Westen. Der Ostabfall des Passes ist viel steiler als der westliche. Dieses asymmetrische Paßprofil zeigt, daß der Angriff auf die Paß-

[1] Siehe Geologische Spezialkarte.

linie und deren Untergrabung während der Stadialzeiten von Osten nach Westen fortschritt.

Die Gletscher der Nordseite.

Die nördliche Gletscherreihe der Liptauer Alpen beginnt im Osten mit dem Koscieliskogletscher. Die Gletscherablagerungen dieses einzigen stark besuchten Tales der Liptauer Alpen sind durch Partsch,[1] Roth,[1] Rehmann[1] und Uhlig[1] untersucht worden. Meine Aufgabe war daher im wesentlichen die Einordnung der Beobachtungen in das glaziale System.

Unter den Tälern der Liptauer Alpen zeigt das Kościeliskotal den eigenartigsten Grundriß. Ausgespannt zwischen den Kämmen Ornak und Tomanova strahlen vom Hauptkamm fünf kurze Querkämme aus, zwischen denen sechs Täler und Gräben eingesenkt sind, die zur Alpe Uwosisko konvergieren. An dieser Stelle beginnt der Durchbruch durch die Kalkzone, die für die Entwässerung der Nordseite des Gebirges ein nur an wenigen Punkten zu bewältigendes Hindernis bildete.

Der linke Flügel der Endmoräne des Kościeliskotales reicht etwas weiter, als auf der geologischen Spezialkarte verzeichnet ist. Er sitzt etwa 15 *m* über dem Bache dem unteren Ende des Felsastes auf, der von den Telkove Kominy nach Südosten herabstreicht. Er setzt sich aus Urgesteinsblöcken unter geringer Beimischung von Kalkgestein zusammen und bricht gegen einen berasten Schuttkegel ab, der sich aus dem Seitentale ins Haupttal senkt. Diesem Schuttkegel, der der Niederterrasse entspricht, sind zwei Stadialkegel eingeschaltet. Das Ende des Würmgletschers lag bei 1040 *m* mit einer Schneegrenze in 1450 *m* Höhe.

Auf der rechten Talseite bildet die Alpe Uwosisko ein Endmoränengebiet. Der äußere mit Blöcken übersäte Wall besteht aus Kalk und tritt in den Wald ein. Über demselben erhebt sich der Rest eines Trograndes 40 *m* über Tal. Die Furche zwischen dem äußeren und dem inneren Walle ist zur Zeit von einem Schuttkegel, der den äußeren Wall überwältigt

[1] Siehe Fußnoten auf p. 715.

hat, teils von Blöcken bedeckt. Dem inneren Wall ist bachwärts ein viergliedriger Terrassenbau vorgelagert. Die unterste Terrasse von 2 *m* Höhe ist Bühlschotter, die folgenden Absätze von 1 *m*, 1 *m* und 5 *m* sind Teilfelder der Niederterrasse. Über dem obersten Absatz erhebt sich der Wall mit Salasche noch 10 *m* hoch. Nach Süden bricht das Wallgebiet gegen den von der Tomanovaalphütte herabkommenden Bach terrassiert ab.

Im Süden von diesem Punkte beginnen ausgedehntere Terrassen, die den Winkel zwischen Dunajec und Seitenbach erfüllen und sich an das Nordende der mächtigen Mittelmoräne des Czarny staw in zwei Flächen von 5 und 7 *m* Abstand ansetzen.

Die höhere Terrasse geht im Süden in einen Endmoränenwall über; nahe dem ersten liegt ein zweiter Wall. Diesen Wällen gegenüber liegen am linken Ufer bei rund 1060 *m* Höhe drei Endwälle, breit, flach, ziemlich gleich hoch, der innerste Bogen mit 12 *m* über der Bühlterrasse. Das ist die Marke des inneren Standes des Würmgletschers, der mit den östlichen Nachbargletschern nicht mehr in Verbindung stand. Die linke Seitenmoräne dieser Endwälle zieht, an einer Stelle von einem Seitenschuttkegel unterbrochen, über die Salaschen Ornak nach Süden.

Der Talgrund der Ornakhütten besteht aus der 3·5 *m* hohen Bühlterrasse, die auch am rechten Ufer entwickelt ist und beiderseits vom Bache durch einen 1·5 *m* hohen Streifen Gschnitzschotter getrennt wird. Über der Bühlterrasse des rechten Ufers erhebt sich der durch drei Stufen gegliederte Abfall der Mittelmoräne des Czarny staw. Die untersten Gehänge sind 10°, die darüber folgenden 12°, der größte Teil des Abfalls 35° geneigt. Die Gefällssteigerung tritt stets über den Stufenflächen ein, deren Vertikalabstände von unten nach oben 7 *m*, 7 *m*, 70 *m* betragen. Über der höchsten Stufe erhebt sich der doppelkuppige Moränenkamm noch 30 *m*. Die beiden unteren Stufen gehören dem inneren Stande, die dritte Stufe dem äußeren Stande der Würmeiszeit an.

Eine zweite mächtige Mittelmoräne der Würmeiszeit liegt zwischen dem Dunajectal und dem von Südosten kommenden

Graben und bildet die untere Fortsetzung des Nordwestkammes der Velika kamenista 2128 *m*.

Tief im Talinnern liegt bei 1260 *m* das Bühlmoränengebiet. Es besteht aus einem breiten Übergangskegel mit 3·5 *m* tiefem Bacheinschnitt; im Süden von der Alphütte erhebt sich mit einzelnen Fichtenbeständen die Bühlmoräne 3·5 *m* hoch, die nach Süden 3·5 *m* zu einem von seichter Lache erfüllten Zungenbecken absinkt. Ein zweiter Querwall liegt weiter südlich. Getrennt von diesen Moränen erhebt sich im Osten eine Mittelmoräne der Würmeiszeit, welche vom ersten Querkamme im Osten des Pysznasattels abgeht.

Das Kar im Norden des Gipfels Blyszec wird von Wiesenlehnen, Schuttfeldern und von einer Kette von talwärts konvexen Gschnitzwällen durchzogen, von denen der tiefste bis 1500 *m* herabreicht. Diese Kette ist nur an einer Stelle unterbrochen, hebt sich ostwärts mit dem sinkenden Hauptkamme in immer höheres Niveau und reicht, den Charakter von Schneehaldenfußwällen annehmend, bis zum Sattel Pyszna 1789 *m*.

Der Nordostkamm der Kuppe 1861 *m* besitzt zu unterst gestufte Moränen, die den oberen Stufen der Mittelmoräne des Czarny staw entsprechen.

Der Czarny staw, ein dunkler Wasserspiegel in einer Unterbrechung des Smreczyn-Nordostkammes gelegen, ist fast rings von Moränen umwallt. Bereits Partsch[1] denkt an einen Moränensee, gelegen in der Einsenkung zwischen zwei konvergierenden Seitenmoränen, eine Ansicht, der S. Roth[2] beipflichtet. Der See ist jedoch nicht immer abflußlos, wie Partsch und Roth annehmen, sondern entwässert bei höherem Stande nach Westen zum Dunajec. Die gewundene Abflußrinne liegt am Westende des Sees und wurde im August 1907 nicht mehr benützt.

Die Kammlücke, in der der Czarny staw liegt, ist mindestens 20 *m* tief. Die Blockwälle um den See sind mit Ausnahme der

---

[1] J. Partsch, Die Gletscher der Vorzeit. Breslau 1882, p. 48.

[2] S. Roth, Spuren einstiger Gletscher auf der Nordseite der hohen Tatra. Földtani Köslöny 1888, p. 429.

Doppelkuppe im Norden des Sees von 20 *m* Höhe, nieder. Die Wälle der Doppelkuppe, von denen der östliche um 3 *m* höher ist als der westliche, werden durch eine nach Norden sich ausspitzende Furche getrennt und brechen nach Süden ab. Die Furche ist die Berührungslinie der zu einer Mittelmoräne zusammenwachsenden Seitenmoränen, deren südliche Fortsetzung wahrscheinlich durch die Wasserwirkung eines vom Smreczynkamm herabkommenden, nach Westen ausweichenden und einen Eissee bildenden Baches zerstört worden ist. Dieser Bach baute sich auch, gehemmt durch den östlichen Smreczyngletscher, das auch von Roth beobachtete Niederterrassenfeld südöstlich des Czarny staw und fand beim Sinken des Eises wieder seine natürliche Abflußrichtung gegen Norden.

Östlich von der Mittelmoräne des Czarny staw liegen die inneren Würmendmoränen des Smreczyngletschers. Dieses Wallgebiet ist von der Mittelmoräne durch den Sumpfstreifen des obengenannten Baches getrennt und besteht aus fünf sichelförmig und konzentrisch gelagerten Wällen. Der erste Wall erhebt sich über der nächsten Furche 5 *m* hoch. Der zweite Wall ist 3·5 *m* höher als der erste und umschließt ein kleines von grüner Moosdecke eingenommenes Zungenbecken. Dahinter liegt der breite, niedere, dritte Wall, der ein größeres von Moos und kleinen Wassertümpeln erfülltes Zungenbecken umspannt. Am Innenrande erstreckt sich ein 30 Schritt langer und 10 Schritt breiter Weiher von braunem Grunde und klarem Wasser. Er war im August 1907 abflußlos, entwässert aber, wie eine trockene Rinne anzeigt, bei höherem Stande nach Süden. Es folgen noch zwei Wälle, die kleine versumpfte Wiesen umspannen.

Diese fünf regelmäßigen Zungenbecken, deren äußerstes allerdings zu einer Furche zusammengeschoben ist, zeigen fünf getrennte Halte des inneren Würmgletscherstandes an. Roth[1] hat bereits diese moorigen Stellen gesehen und hielt Gletscherwirkung für wahrscheinlich. Rehmann's[2] drei erloschene Seen beziehen sich höchstwahrscheinlich auf diese

[1] Roth, l. c.

[2] Rehmann, l. c., p. 524.

Stelle. Die Moränen bestehen aus Granit und rotem Sandstein; eine konglomerierte Grundmoränenschichte sitzt 5 *m* mächtig dem roten Sandstein auf und fällt zur Schlucht ab, die im Norden vorüberzieht und 25 *m* tief ist. Die Erosionskraft des Smreczyngletschers und seiner östlichen Nachbarn stand weit hinter der des Dunajecgletschers zurück, dessen Sohle im selben Parallel mehr als 70 *m* tiefer gelegen war.

Die beiden östlichen Trabanten des Smreczyngletschers hinterließen mächtige Seitenmoränen, an deren Ende sich ein Niederterrassenfeld ansetzt, das an der Brücke über den Bach eine größere Entwicklung erlangt. Die Niederterrasse ist 3·5 *m* hoch, die Bühlterrasse darunter 3·5 *m*, die Gschnitzterrasse $^1/_2$ bis 1 *m*. Demnach lagen während des inneren Standes des Würmgletschers im Kościeliskotale vier nur durch Moränen getrennte Gletscherzungen nebeneinander. Ihr Außensaum wich ostwärts ebenso zurück, wie der Hauptkamm von der Velika kamenista gegen Nordosten vordringt.

Während des Außenstandes des Würmgletschers bildeten diese vier Zungen einen, allerdings kurzen zusammengesetzten Gletscher. Dies geht hervor aus der Existenz einer bisher nicht beachteten rechten Seitenmoräne, welche dicht bewaldet und 60 bis 70 *m* hoch den Nordsaum des Tomanovagrabens bildet. Sie besteht aus Granit und Sandsteinblöcken; nur in der Furche zwischen Moräne und Gehänge liegen Kalkblöcke. Die Innenseite der Moräne trägt 7 *m* unter dem Kamme eine Stufe, die der dritten Stufe der Mittelmoräne von Czarny staw entspricht.

Die Moränen der Tomanovaalphütten schließen die Glazialablagerungen des Kościeliskotales im Osten ab. Es handelt sich hier um zwei Wälle, die im Osten unter dem Tomanovapasse ansetzen, nach Westen ziehen, sich erheblich nähern und dann bastionartig abbrechen. Man hat diese Gebilde für Schneehaldenfußwälle angesehen. Roth[1] erwähnt Schneehaldenfußwälle links vom Tomanovapasse unter der Tomanova polska, wo solche tatsächlich vorkommen. Bezüglich der »Längswälle« in der Nähe der Koschare (wohl die Tomanova-

[1] S. Roth, l. c.

alphütten) hat bereits Roth die richtige Deutung gefunden, indem er an Gletschertätigkeit denkt.[2] Würden diese Wälle Schneehaldenfußwälle sein, müßten sie dem Gehänge angepaßt sein und nach der Exposition verschiedene Höhe zeigen. Die »Längswellen« sind jedoch gleich hoch, verlaufen nach Westen auch dort, wo das Gehänge zurückweicht und nähern sich an ihrem Westende, statt sich zu entfernen. Ihr Grundriß entspricht dem für Paßgletscher charakteristischen schmalen Zungenende. Das Alter der Moränenwälle geht aus ihrer Beziehung zu den angelagerten Terrassen hervor.

Die nördliche Seitenmoräne besteht aus Sandstein-, Kalk- und Granitblöcken, senkt sich vor der Alphütte etwas steiler und bildet zwei Sättel; auf einem steht die nördlichste Alphütte, der andere ist durch einen Schuttkogel erzeugt, der von Norden her in das Zungenbecken eingebrochen ist. Der südliche Wall besitzt gleichfalls eine Lücke, durch die ein von Süden kommender Kegel ins Zungenbecken tritt. Das Ende beider Wälle liegt 350 *m* westlich von den Alphütten bei 1300 *m* 25 *m* über Tal. Die Entfernung beider Wälle beträgt nahe dem Ende nur 40 *m*, ist später noch geringer. Südlich vom zweiten Wall liegt ein Blockterrain, dessen zum Teil große Kalkblöcke bis 2 m^3 vom Nordgehänge des Tales herrühren und den Gletscher übersprungen haben dürften.

Zwischen den Wällen lagert heute eine sanft geneigte, glatte Wiesenfläche, die als 1·5 *m* hohe Gschnitzterrasse zwischen den Moränenwällen hervortritt. Mit dieser Fläche vereinigen sich die beiden seitlichen Schuttkegel, deren Außenhälften die Furchen zwischen den Moränen und dem Talgehänge erfüllen. Die Furchen in diesen Kegeln werden von 1 *dm* bis $^1/_4$ *m* hohen Daunleisten begleitet. Aus den Moränen geht die weiter unten 3·5 *m* hohe Bühlterrasse hervor.

Die Gipfel in der Umrahmung des Kościeliskotales sind echte Graskantengipfel. Die von unregelmäßig verteilten Felsaustritten durchsetzten Rasenhänge unter den Gipfeln über-

---

[2] Partsch (l. c., p. 47) erblickte in dieser Gegend eine Endmoräne in etwa 1250 *m* Höhe, die wahrscheinlich dem inneren Würmstande des Tomanovagletschers angehört.

dachen die mäßig hohen Karwandungen. Die Kare der Nordlehne zwischen Bystra- und Tomanovapaß sind gut ausgebildet, doch herrschen überall Rasenhänge vor. Der Nordwestkamm der Velika kamenista läßt eine Zuschärfung des Kammes mit der Höhe erkennen, bis sich nahe dem Gipfel Felsaustritte einstellen.

Stara robota-Tal. Das Stara robota- und das Jasenicatal sind ein Doppeltal, deren Gewässer im Verein mit den Wässern des Grabens der Kote 1768 *m* die vorgelagerte Kalkzone durchbrachen. Für die Frage des Zusammenhanges beider Gletscher ist die Beschaffenheit des Bergspornes zwischen beiden Tälern entscheidend. Dieser Sporn besteht nach der geologischen Spezialkarte aus Bändern von Perm, Unterer Trias und Lias. Weder auf dem Sattel des Spornes noch auf seinem scharfen Kamme liegt erratisches Material. Dagegen liegen zahlreiche Granitblöcke am Nordende des Spornes bis 40 *m* über Bach. Diesem Rest einer Mittelmoräne liegt eine 14 *m* hohe, aus Granitgeschieben aufgebaute Stufe an. Das obere Vorkommnis zeigt mit Bestimmtheit die Konfluenz der Eisströme, mindestens während der Rißeiszeit, das untere mit Wahrscheinlichkeit die Konfluenz auch während der Würmeiszeit an. — Zu beiden Seiten des Kalkdurchbruches finden sich, wie schon Uhlig[1] hervorhebt, keinerlei Erratika. Der vereinigte Gletscher dürfte knapp nach der Konfluenz bei 1040 *m* geendet haben, was mit einer Schneegrenze von 1450 *m* vereinbar ist.

Am Eingang ins Stara robota-Tal haben Gschnitz-, Bühl- und Niederterrasse (Teilfeld) Höhen von $^1/_2$ *m*, 2 *m*, 1·7 *m*. Auf letzterer steht eine Jagdhütte. Das Teilfeld hebt sich taleinwärts und geht in ein Blockgebiet, aus dem sich eine freistehende Moräne mit Furchentiefe von 3·7 *m* entwickelt, über. Der rechte und der linke Endmoränenwall zu beiden Seiten des Baches sind 19 *m* hoch. Der Kamm der ersteren schwingt sich in zwei Stufen empor. Auf der untersten steht eine Alphütte, die oberste ist bewaldet. Ihre Kulmination liegt 35 *m* über Tal. Der Wall bricht im Süden gegen die Schlucht von Telkowe kominy ab, aus der die $^1/_2$ *m* hohe Gschnitzterrasse innerhalb des

[1] L. c., p. 86.

1·7 *m* hohen Bühlkegels hervortritt, welcher die Moräne durchbricht und sich in zwei Flügeln im Haupttale ausbreitet. Auf der Bühlterrasse liegen die Alphütten Iwanowka.

Dem Innenabfall der bewaldeten Moräne sitzen zwei freistehende Seitenmoränenwälle auf; der erste 15 *m* unter dem Hauptfirst, der zweite 10 *m* tiefer; er überhöht den Talgrund noch um 10 *m*. Das sind die Wälle des inneren Würmgletscherstandes.

Südlich von der Schlucht setzt sich die nunmehr unbewaldete Moräne als 30 *m* hohe Blockstufe fort; ihr Kamm steigt erst unter 6°, dann nach einer kleinen Stufe unter 10° an und verläuft östlich von der Kote 1195 *m* im Gehänge (bei 1230 *m*). Dem Innenabfall der Moräne lagert die tiefere der oben erwähnten Seitenmoränen an. Auch die linke Talseite wird von einer Seitenmoräne in Form einer Blockstufe begleitet. Beide Blockstufen nähern sich taleinwärts; der Bach verläuft in einer von Schutt begrenzten Schlucht. Bei 1240 *m* erhebt sich aus der rechten Blockstufe ein Querwall; Bühlkegel brechen noch aus den Seitenrinnen hervor.

Bei 1330 *m* beginnt das massige, dichtbewaldete, aus fünf bis sechs Längswällen zusammengesetzte Bühlmoränengebiet.

Das Tal der Stara robota zeigt besonders im Nordwesten der Talkote 1195 *m* die Reste des Würmtroges und älterer Tröge. Die Kante des Würmtroges liegt hier zirka 100 *m* über Tal, die des Rißtroges noch 100 *m* höher.

Eine höchst merkwürdige Stelle ist das Gipfel- und Talgehänge östlich der Kote 1760 *m* (unter Trzydniowka der Spezialkarte). Hier sind drei Tröge mit den Spuren eines vierten und drei ineinandergeschaltete Kare mit den Spuren eines vierten vorhanden. Die Spuren des Troges und Kares sind nicht zu oberst, sondern zwischen dem zweiten und dritten Formenelement eingeschaltet.

Die Trogränder treten sehr deutlich und völlig gleichartig in den Abfällen zweier Seitenäste auf; der eine läuft von der Konchysta nach Nordnordosten aus, der zweite liegt im Norden des ersten.

Die Kante des Würmtroges liegt in beiden Abfällen 120 *m* über Tal. Darüber folgt in beiden Abfällen eine schwach kon-

kave Lehne, die beim südlichen Abfall im oberen Drittel die Spur einer Kante aufweist (Riß und Mindeltrog). Über der Lehne folgt eine zugerundete Stufe von einiger Breite; daraus erhebt sich der Hang konkav (Günztrog), um nach kantiger Unterbrechung in eine konvexe Lehne überzugehen. Aus dieser erhebt sich allmählich die Gipfelfläche der Kuppe 1843 *m* (auf der Spezialkarte unter r des Kammes robota zu sehen). Der Günztrog ist an dieser Stelle von allen Beobachtungspunkten in den Liptauer Alpen am schärfsten ausgeprägt.

Die Karnische weist einen unverletzten Karboden, einige Karbodenreste auf und nimmt den Raum zwischen der Gipfelfläche der Kote 1843 *m* und dem Würmtrograndе ein. Die Öffnung des unverletzten Kars liegt zirka 40 *m* über dem Würmtrograndе in der Rißtrogwandung. Der obere durch Felsen markierte Rand dieses Würmkars wird von einer hufeisenförmigen, einige Male durch Einrisse unterbrochenen Lehne umzogen. Dies ist der peripherische Teil eines älteren Kars, dessen Mündung in der Lehne des seichten Mindeltroges liegt. Der geringe Rest einer dritten, höheren Lehne ist größtenteils von Krummholz bedeckt, von Runsen durchschnitten, von einem Felskopfe überhöht und liegt in einer Einbuchtung der Günztrogwand.

Über dieser Felsmarke verläuft die von wenigen Rinnen durchschnittene, schwach konkave Gipfellehne der Kuppe 1843 *m*. Ihr unterer Rand liegt zirka 40 *m* über dem Günztrograndе.

Entscheidend für die Auffassung der Sachlage ist das Verhältnis des tiefsten Karbodens zum Würmtroge. Dieses Kar kann nur zur Würmzeit gebildet worden sein; denn es ist das tiefste Kar und liegt anderseits zu tief, um während der Bühlzeit gebildet worden zu sein. Es mündet zirka 40 *m* über dem Würmtrograndе, ein Verhältnis, das zwischen der Gipfelfläche 1843 *m* und dem Günztrog wiederkehrt. Daher ist die Gipfelfläche ein Karbodenrest der Günzeiszeit und die genannten Lehnen sind Karbodenreste der mittleren Eiszeiten.

Dieser Karbodenrest der Günzeiszeit ist in seinem zentralen Teile erhalten, während die peripherischen, namentlich die Karwand und die darüberfolgenden Gipfel fehlen. Ein

Karboden setzt notwendig Karwände und Gipfel voraus; da letztere heute fehlen, sind sie seit der Günzzeit zerstört worden (Fig. 12).

Daher ist 900 *m* nördlich vom Hauptkamm und 230 *m* tiefer als dieser das Fundament eines zerstörten Günzgipfels zu suchen.

Wenn aber fast 1 *km* vom Hauptkamm entfernt das Günzrelief abgetragen ist, muß der 200 bis 300 *m* höhere Hauptkamm, wo die Abtragung lebhafter wirkte, noch jünger sein. Wie am Tomanovapasse gelangen wir hier auf einem anderen Wege zum Grundsatze der Jugendlichkeit des Hauptkammes. Demnach ist der Zeitraum für die Bildung der Hauptgipfel auf

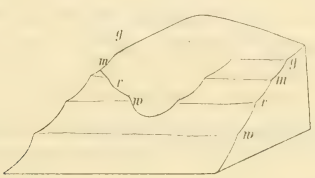


Fig. 12.
Die Tröge mit ineinandergelagerten Karen (schematisch).
(Die Buchstaben bezeichnen die Tröge und Kare der Eiszeiten.)

den immerhin noch weiten Spielraum zwischen der Mindeleiszeit und dem Gschnitzstadium eingeengt. Für den Visoky vrch 2170 *m* erscheint mir wahrscheinlich, daß der Nordabfall — die hohe Karwand und die scharfgegliederte Gipfelfläche darüber — in der Würmeiszeit, das von Osten her untergrabene gewölbte Gipfelgehänge im Nordwesten in der Rißeiszeit gebildet wurde. Das Nordwestgehänge verhält sich zum Nordabfall wie ein unverletzter Rasenhang zum Anrißgebiet eines Murganges.

Jasenicatal.[1] In dem Jarzebicatal zwischen Alpe Chocholewka und der Konfluenzbrücke 1035 *m* treten am linken Ufer Glazialbildungen zurück. Das Schuttgebiet an der Brücke geht taleinwärts über in die Bühlterrasse, die, verstärkt durch Schutt-

[1] Im Kościelisko-, Stara robota- und Jasenicatal ist der überwiegende Teil der Moränen bereits auf der geologischen Spezialkarte (I. Auflage) ausgeschieden.

kegel von Norden und Nordwesten, die Alpenflächen von Chocholowka einnimmt. Die linke Seitenmoräne taucht erst südlich vom Cholowkabache auf; im Alpengebiet ist sie durch die Schuttkegel der Bühlzeit vollkommen überwältigt worden. Die Bühlterrasse ist 1·5 *m*, die Gschnitzterrasse $^1/_2$ *m* hoch.

Am rechten Ufer liegen an der Jarzebicabrücke und westlich davon die Mündungen zweier Gräben. An diesen Mündungen finden sich Verbauungskanten der Niederterrassenzeit (bei 1200 *m*). Danach hatte das Eis an der Mündung des westlichen Grabens noch eine Mächtigkeit von 110 *m*. Zwischen den beiden Gräben liegen Blockstufen in 1195 und 1175 *m* Höhe, deren Grundmoränenmaterial an umgeworfenen Wurzelstöcken sichtbar ist. Die Moränen an der Jarzebicabrücke sind wahrscheinlich die innere Marke des Würmgletschers (Ende bei 1070 *m*), entsprechend den Iwanowkamoränen im Stara robota-Tale (bei 1080 *m*).

Im Graben der Kote 1760 *m* erhebt sich bei 1250 *m* ein Blockkörper, die Endmoränen eines kleinen Kargletschers. Der Bach schneidet hier 5 *m* tief in Fels. Aus diesem Graben steigt der fächerförmige Bühlkegel herab, durchschneidet die Würmmoräne und enthält in der Bachfurche 2 *m* unter Kante eine 1 *m* hohe Gschnitz- und $^1/_4$ *m* hohe Daunterrasse. Der Bühlkegel verläuft in der Bühlterrasse im Süden von Chocholowka. Darüber erhebt sich in drei Stufen die Würmseitenmoräne. Die unterste Stufe liegt 12 *m* über der Bühlterrasse, besteht aus zwei gleich hohen Blockwällen, die durch eine 1·7 *m* tiefe Furche von der zweiten, gleichfalls 12 *m* hohen und aus zwei Wällen bestehenden Stufe getrennt sind. Darüber erhebt sich noch 50 *m* höher eine dritte Blockstufe.

Diese Seitenmoräne streicht am rechten Talgehänge bis in den Talhintergrund. Ihrem Westabfall liegt bei der Alphütte Kote 1131 *m* ein Bühlterrassenfeld an, dessen Westrand ein 5 *m* hoher Blockwall überragt. Letzterer ist der Rest einer vom Sporn des Črveni vrch stammenden Mittelmoräne, die südwärts unter die 1·7 *m* hohe Bühlterrasse untertaucht (die Gschnitzterrasse mißt hier 1·5 *m*).

Die Bühlterrasse geht nach kurzem Anstieg in breiter Front bei 1140 *m* in die Bühlmoräne über. Letztere ist der

äußerste Wall von fünf Wällen, die durch Furchen voneinander getrennt, erst als Seitenmoränen dahinlaufen und dann, durch kurze Terrassenstücke miteinander verbunden, zur Talmitte umbiegen. Den Winkel zwischen den Talbächen erfüllt eine mächtige Mittelmoräne, die zu unterst der Bühl-, oben der Würmzeit angehört.

Die Gehänge des Jasenicatales werden noch weiterhin von Moränen begleitet, deren Zwischenräume Schuttkegel der Gschnitzzeit erfüllen.

Die das ausgedehnte Kar abschließende krummholzbedeckte Barre der Gschnitzmoränen hat mit 1450 *m* eine ungewöhnlich tiefe Lage.

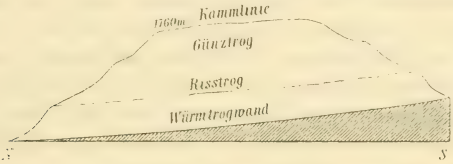


Fig. 13.

Das Nordende des Stara robota-Kammes von Westen gesehen (Tröge im Längsprofil).

Der Westhang des Stara robota-Kammes zeigt drei Tröge übereinander, von denen die Trogwandung der Würmzeit bewaldet ist. Der obere Rand des von seichten Mulden und einer mächtigen Quarzader durchsetzten Günztroges fällt fast mit der Kammlinie der Kuppe 1760 *m* zusammen. Die Gesamttiefe der drei Tröge beträgt hier rund 400 *m*, wovon auf den Würmtrog schätzungsweise 160 *m*, den Rißtrog 140 *m*, den Günztrog 100 *m* (Fig. 13) kommen. Im Nordwestabfall der Konczysta lehnt sich der obere Rand eines tieferen Kares an die Mündungen zweier höherer Kare an, die wahrscheinlich älter als die Würmzeit sind.

Die drei Trogreste im Südostkamm der Kote 1762 *m* sind gut kenntlich. In allen drei Trogresten erscheinen Felsaustritte, die um so spärlicher werden und um so stärker verwittert sind, je höher sie liegen.

Am linken Talgehänge beginnt, aus zwei Stufen zusammengesetzt, die Seitenmoräne südlich vom Chocholowkabache. Unterbrochen von einem Graben, der die Bühl- und Gschnitzkegel führt, setzt sie sich bis in das Talinnere fort und endet etwas ober einer auf der Karte nicht verzeichneten Alphütte. Der innere Wall gehört der Bühlzeit an. Der höhere, der dem untersten der hier gleichfalls entwickelten drei Tröge anlagert, stammt aus der Würmzeit und endet am Hang bei 1500 *m*.

Der schöne Gschnitzmoränensaum unter Volovec und Uplaz reicht in einer Ausbiegung bis 1520 *m* herab. In seiner Fortsetzung umgürten den Nordwesthang des Črveny vrch absteigende Schneehaldenfußwälle.

Latanatal. Das kurze Latanatal wird von felsfreien Rasenkämmen umrahmt. Ihre Kulmination ist der 1879 *m* hohe Rakon. Sein Nordkamm ist mit Kuppen besetzt, auf denen Schuttflächen ausstreichen, wie man sich auf Kuppe 1651 *m* überzeugen kann. Die Rasenhänge sind sehr steil, nur am Rakon liegt eine von zwei Einrissen durchsetzte Karwand.

Die wohlausgebildeten Würmendmoränen des Latanagletschers liegen bei 1200 *m*. Der rechte Wall biegt deutlich zur Talmitte um, aus ihm geht eine Niederterrasse von 1·7 *m* Höhe hervor, der eine Bühlterrasse von $^3/_4$ *m* und eine Gschnitzterrasse von $^1/_4$ *m* eingelagert sind. Die rechte Seitenmoräne wird von einer Schlucht durchbrochen und kann bis unter die Kuppe Roh verfolgt werden. Mit der linken Seitenmoräne vereinigen sich Seitenmoränen des Grabens der Kuppe Za zabrat 1694 *m*. Demnach war auch dieser Graben vereist, was eine Lage der Schneegrenze von zirka 1400 *m* voraussetzt.

Im Hintergrunde des Grabens bezeichnet ein mit Krummholz bedeckter Wall das Bühlstadium. Die Grabenmitte ist erfüllt von einer 1 *m* hohen Bühlterrasse und $^1/_2$ *m* hohen Gschnitzterrasse.

Von der linken Seitenmoräne löst sich bei zirka 1260 *m* ein Querwall los, aus dem ein Niederterrassenstück hervorgeht. Dieser Wall entspricht dem inneren Halt des Würmgletschers. Vor dem Seitengraben hat das Teilfeld der Niederterrasse

2 *m* Höhe (Bühl $^3/_4$ *m*, Gschnitz $^1/_4$ *m*). In der Mitte zwischen dem äußeren und inneren Wall endet eine Mittelmoräne, die durch den inneren Wall hindurchstreicht und am Hintergehänge endet. An ihrem Ansatzpunkte ist sie zirka 30 *m* breit, fällt nach Norden 5 *m* (zur 1 *m* Bühl- und $^1/_2$ *m* Gschnitzterrasse), nach Südwesten 12 *m* ab.

Aus der Furche erheben sich zwei Seitenmoränenwälle 5·7 *m* hoch, dem inneren und äußeren Gletscherstande entsprechend.

Der Gletscher des Latanatales war 2·5 *km* lang, setzte sich aus zwei Ästen zusammen und erforderte eine Schneegrenzhöhe von zirka 1450 *m*.

Die Niederterrasse des Latanatales schwillt am Westende des Tales zu einer mächtigen Verbauungsstufe an. Die Verbauungsstufe durchmißt der Bach mit starkem Gefälle; am Talknie liegt der Bach bereits 10 *m* unter der Niederterrassenkante. Der Außenabfall der Verbauungsstufe ist durch angelagerte Moränen des Studenigletschers terrassiert, welche die verschiedenen Stände dieses Gletschers zur Würmeiszeit angeben.

Studenital. Das Endmoränengebiet des Studenigletschers ist am reichsten von allen bisher besprochenen gegliedert.

In der Straßengabel 1·4 *km* ostsüdöstlich vom Jagdhause laufen zwei Teilfelder, die unmittelbar in dem dahintergelegenen Moränengebiete entspringen, zusammen. Der nordöstlich abzweigende Weg senkt sich von der 3·5 *m* hohen Niederterrasse auf die 2 *m* hohe Bühlterrasse, die auch jenseits der Brücke von einem $^1/_2$ *m* hohen Gschnitzstreif gerändert wird. Über der Brücke erhebt sich ein 20 *m* hoher Verbauungsrest des Javorinagrabens. Im Süden des Javorinabaches erhebt sich gut ausgebildet und fast genau von West nach Ost streichend ein Blockwall, dessen Außenabfall gegen den Hauptbach umbiegt. Der Kamm dieser rechten Seitenmoräne ist 10 Schritte breit, steigt unter 10° an, weist eine Kuppe und dahinter eine Einsattlung von 1·7 *m* Tiefe auf, hat hier einen Außenabfall von 15°, einen Innenabfall von 25°, fällt darauf 15 *m* hoch zu einer nordsüdlich gestreckten Querfurche ab, die von einem berasten Schuttkegel des Javorinagebietes erfüllt ist. Östlich von der

Querfurche schließt ein niederes (1·7 *m*) Blockgebiet an den Berghang an. Nach innen fällt der Wall 35 *m* hoch ab. In 20 *m* Höhe ist ihm eine Stufe angelagert, die dem Bache talabwärts zubiegt. Der Innenseite des Walles ist ein Segment der Bühlterrasse angelagert.

150 *m* östlich von der Straßengabel beginnt (bei 920 *m*) eine Moränengebiet von 9 Wällen, die im Norden vom Bache begrenzt werden, im Süden gegen die Straße zu sich verbreitern und senken und südwärts in den Wald treten. Der erste Moränenwall erhebt sich aus der 3° geneigten Niederterrassenfläche 8·5 *m*. Der Kamm der zweiten ist um 1·5 *m* höher. Der dritte und vierte Wall bilden mit wallförmiger Querverbindung einen Doppelwall, der dritte ist um 5 *m* höher als der zweite; der rechte Flügel des vierten ist zum Teil erhalten und umschließt ein mooriges Zungenbecken; darüber erhebt sich der tiefste Punkt der Abflußlücke noch 1·7 *m*. Auf den niedrigen fünften Wall folgt der hohe sechste Wall, dessen Innenseite drei je 1·7 *m* hohe Terrassenstaffeln (Teilfelder der Niederterrasse bis zur Bühlterrasse herab) angelagert sind. Der siebente und achte Wall streichen der Länge nach und biegen schwach zum Bache um. Die Kuppe des achten Walles liegt 30 *m* über dem Bache. Nahe dem Kamm umschließen zwei große Granittafeln einen länglichen prismatischen Hohlraum, der einem Hünengrab oder dem Unterschlupf eines Bären gleicht. Ein großer, eckiger Granitblock, wie er selten auf den Moränen der Liptauer Alpen zu finden, liegt in der Nähe. Der neunte Wall ist nieder und läuft bald aus. An ihm entspringt eine 6 *m* hohe Niederterrasse.

Die Wälle markieren klimatische Schwingungen von abnehmender Intensität, der dann eine größere klimatische Änderung, die zur Bildung der nächsten Stadialzeit führte, folgt. Die Schneegrenze der Würmeiszeit lag bei 1450 *m*.

An die Endmoränen schließt sich im Süden eine neunstufige Seitenmoräne an, die den Riedel zwischen Salatinbach und Studenibach zusammensetzt. Der erste Seitenmoränenwall hat seinen First 20 *m* über der Straße. In der 5 *m* tiefen Furche zwischen dem ersten und dritten Wall liegt ein Weiher von zirka 15 *m* Durchmesser und brauner Wasserfarbe An seinem

Ostufer endet der zweite Wall. Über diesem Doppelwall folgt der dritte und vierte Wall 8 *m* höher, gleichfalls ein Doppelwall. Dies Profil erinnert an die rechte Seitenmoräne im Jarsebicatale. Nun folgen vier Blockstufen in Abständen von 25 *m*, 17 *m*, 12 *m*, 5 *m*. Diese letzte Stufe bildet einen sehr breiten, mit knietiefem Büschelgras, stellenweise mit Heidelbeer- und Himbeerbüschen dicht bestandenen Wall. Er bildet den Rücken, steigt unter 7° an, ist dort, wo er vor den Berghang tritt, durch eine seichte, von einem Moränenbächlein durchzogene Furche von diesem getrennt. Über der Furche erhebt sich noch ein 1·7 *m* hohes Blockband, die neunte Stufe. Der achte Wall schwenkt konform der Talrichtung von Südost nach Südsüdost um, steigt dabei schärfer werdend steil an, verschmilzt endlich völlig eben bei 1100 *m* mit dem Hang.

Von dieser Stelle übersieht man am besten den Verbauungskörper des Latanatales. Er besteht aus einem südlichen und einem nördlichen Teile, die durch den Latanabach getrennt sind. Der Außenabfall des südlichen Teiles trägt horizontale Ränder, die die verschiedenen Gletscherstände anzeigen, sowie am Fuße zwei wallartige Gebilde, die den vorhin erwähnten Doppelwällen entsprechen. Die zweite Kante von oben ist vom Latanabach unterschnitten und zum Teile firstförmig ausgebildet; ihre Hochfläche senkt sich unter 10° gegen Westen und endet an einem 1·7 *m* hohen Moränenwall. 25 *m* unter diesen First verläuft eine horizontale Stufe, zu der sich aus dem Latanagraben eine Leiste herabsenkt.

Der rechte Teil des Verbauungskörpers überhöht an der Mündung des Latanabaches die hier 5 *m* hohe Bühlterrasse noch um 30 *m* und entspricht der erwähnten Leiste. Dem Außenabfall ist eine Niederterrasse angelagert, deren Vertikalabstände sich der Bühlterrasse von 8 *m* auf 3·5 *m* nähern. Dieses Teilfeld der Niederterrasse zeigt an, daß der innere Rand des Würmgletschers südlich von der Latanamündung lag. Am oberen Ende des Latanabühlkegels, der unter 5° absteigt, steht eine Jagdhütte. Unter der 2·7 *m* hohen Bühlterrasse liegt noch die $^1/_2$ *m* hohe Gschnitzterrasse.

Der innere Stand des Würmgletschers wird durch Moränen bei 1020 *m* angezeigt. Der große Abstand zwischen dem äußeren

und dem inneren Rande erklärt sich daraus, daß die Eismassen der Salatinskikare den Hauptgletscher offenbar nur während des äußeren Standes ergiebig nährten.

Taleinwärts sind die Gehänge mit Moränen bekleidet und der Talgrund durch Bühlkegel ausgefüllt. Das dicht bewaldete, wallreiche Bühlmoränengebiet beginnt bei 1140 *m*. Eine langgestreckte Mittelmoräne und große rechte Seitenmoräne sind bemerkenswert. Im innersten Talgrunde umspannen Moränen bei 1450 *m* einen auf der Karte nicht verzeichneten Weiher. Diese Blockmassen bilden den untersten Abschnitt des Gschnitzstadiums.

Das geräumige von Rakon 1879 *m*, Volovec 2065 *m*, Rohač 2072 *m*, Plačlivo 2126 *m* und Pod Zeleno überragte Kar ist erfüllt von Schuttmassen. Der Rohač-See wird umspannt von einem im Osten breiten, im Südosten schmalen Gschnitzwall (1540 *m*). Die Schuttmassen im Kar zwischen Plačlivo und Pod zeleno sind langgezogene Wälle, zum Teile Schneehaldenfußwälle. Zwischen ihnen und den Felswänden dehnen sich begrünte, nur am unteren Ende und an den Seiten graue Schuttkegel der Daunzeit aus. Einzelne Kegel sind, wie auch die Daunhalden unter dem Banikov 2178 *m* von rezenten Einrissen durchschnitten. Am Nordfuße der schwarzen Rohačwände lagen im August 1907 noch kleine Schneereste. Die vier zwischen Pod zeleno und Salatinski vrh eingesenkten Kare führen Moränenschutt. Ihre Stufenmündungen liegen 200 bis 300 *m* über der Sohle des Haupttales. Die Stufenhöhen sind wahrscheinlich mit Bühlmoränen gekrönt.

Der Würmtrog des Haupttales ist ungewöhnlich breit. Über der Würmtrogkante verläuft im Abfall des Zabratkammes die Rißtrogkante. Darüber ein Flächenstück von abnehmender Neigung, das bald unter Neigungszunahme in die Hochfläche von Zabrat übergeht. Diese Wandung des Günztroges liegt knapp unter der Kammhöhe. Eine Kammüberhöhung des Günztroges fehlt hier wie beim Stara robota-Kamm Kote 1760 *m*. Der felsfreie Rasenhang des Günztroges streicht unter dem Volovec durch bis auf den Sattel zwischen Volovec und Rohač (1960 *m*). Bezeichnet man diesen Sattelpunkt als Karbodenpunkt der Günzzeit, so lag die Karsohle der Günzzeit

hier um volle 300 *m* höher als der entsprechende Punkt des benachbarten Kares der Würmzeit. Wir müssen daher auf die heutigen Hochgipfel eine ganze Gipfellage aufsetzen, um das Günzrelief zu erhalten. Rohač und Volovec sind die Kerne zerstörter Gipfelbauten. Es bestätigt sich auch hier der Satz, daß sich in den höchsten Teilen des Gebirges vom Günzrelief nichts oder fast nichts erhalten hat. Stücke des Günzreliefs finden sich nur auf den Seitenkämmen. Vom jugendlichen Hauptkamm gegen die Seitenkämme zu gelangt man in ältere Reliefreste. Diese Reliefreste sind fast ausnahmslos berast. Die Trogwandungen haben fast überall einen Rasenüberzug, die ältesten Trogkanten sind häufig stumpf geworden. Da hier aber sicherlich Felsformen, so gut wie beim Würmtroge vorhanden waren, haben die Reliefreste der Günzzeit seither wieder Mittelgebirgsformen angenommen. Die wiederholt angeführten Schuttflecke auf den Seitenkämmen und ihren Hängen sind die Überreste älterer zerstörter Felsäste, die wieder in Mittelgebirgskuppen umgewandelt worden sind.

Salatingraben. Die Mündung des Salatinbaches wird von einer sehr niederen Gschnitz-, einer 1 bis 1·7 *m* hohen Bühl und einer Niederterrasse eingenommen, deren Kante 8 bis 12 *m* hoch wird und bei 1070 *m* in den 30° geneigten Abfall einer großen Moräne übergeht. Der Moränenkörper sendet drei Wälle gegen den Bach; seine Oberfläche steigt unter 12 bis 15° gegen das Talinnere an, bis westlich der Kote 1346 *m*. Dahinter erhebt sich bei 1350 *m* das Bühlmoränengebiet. Das geräumige Kar unter dem Salatinkamm ist von einer regelmäßigen Karwand durchzogen (Schneegrenze bei 1400 *m*).

Graben im Nordwesten der Kote 1712 *m*. An der Mündung dieses unbenannten Grabens, dessen Umrandung 1860 *m* Höhe erreicht, ist die Niederterrasse 3 *m*, die Bühl- 1 *m*, die Gschnitzterrasse $^1/_4$ *m* hoch. (Ebenso im Seitengraben rechts.) Die Niederterrasse nimmt weiterhin den zirka 30 Schritt breiten Talboden ein und geht mit kurzem Übergangskegel bei 1080 *m* in einen am Westhang erhaltenen Moränenwall über, der sich 40 *m* über den Bachspiegel erhebt. Der Moränenwall wendet sich vom Bache im Bogen dem Hang zu, dem er als Stufe entlang streicht. Einige Felsaustritte

darüber markieren den Würmtrog. Höher darüber ist noch der Rißtrog angedeutet. 28 *m* unter der Moräne lehnt sich an den Innenabfall eine zweite Seiten- und Endmoräne 30 *m* über dem Bache, der innere Rand des Würmgletschers. Die neun Schwankungen der Studenigletscherzunge sind hier bei einem kleinen Gletscher zu einem einzigen Walle zusammengeschoben. Eine Mittelmoräne und rechte Seitenmoräne ergänzt die Würmablagerungen des Grabens. Ein wohlausgebildetes Kar westlich von Kote 1712, mit Karwand und dreieckiger Rasenfläche darüber, wird durch eine Bühlmoräne bei zirka 1500 *m* abgeschlossen. Die begrünten Schutthalden im Karboden gehören dem Gschnitzstadium an. (Schneegrenze bei 1400 *m*.)

Sivygraben. Westlich von der Palenica 1574 *m* bemerkt man aus der Ferne in der Gegend der Talkote 1235 *m* einen unbewaldeten wallartigen Vorsprung, der eine Würmmoräne des Sivygrabens darstellen könnte. Das Gehänge des Sivy vrh 1806 *m* sieht glazial bearbeitet aus, zeigt einen Ansatz zur Karbildung. Die Schneegrenze dieses Gletschers müßte bei 1400 *m* gelegen haben.

Das Nordostgehänge der Osabida 1687 *m* dürfte im oberen Teile des Suhagrabens, wo die Verhältnisse günstig liegen, vergletschert gewesen sein. Hierfür spricht auch die kleine Terrassenlandschaft südlich von Oravice.

Die Schneegrenze lag in den Liptauer Alpen im Durchschnitte zur Würmeiszeit in 1500 *m*, zur Bühlzeit in 1650 bis 1700 *m*, zur Geschnitzzeit in etwas über 1800 *m* Höhe.

In folgendem fasse ich meine Beobachtungen und Folgerungen über Kare zusammen. Ich hebe besonders ein Element heraus, das mir bisher zu wenig gewürdigt erscheint, den unteren Rand der Karwand. Soweit mir bekannt, trennt man in der Karliteratur den Karboden und die Karwand ohne weitere Unterscheidung. Und doch ist im Hintergehänge wenigstens vieler Kare ein unterer nicht hoher Steilabsatz von dem meist nur etwas weniger steilen Gehänge darüber zu trennen. Ich schränke die Bezeichnung Karwand auf den untersten Steilabsatz ein und nenne den höheren Hang

Zuschüttungsfläche. Denn von dieser Fläche strömt der gefallene Schnee, wie die durch Frostwirkung abgelösten Gesteinsmassen in den Kargrund, um hier einige Zeit liegen zu bleiben. Somit besteht das Kar im Längsprofil aus: Karboden, Karwand und Zuschüttungsfläche.

Diese Unterscheidung ist wichtig; sie ermöglicht, die Umwandlung einer Nische in ein Kar schrittweise zu verfolgen. In den Liptauer Alpen finden sich einige halbentwickelte Kare. Sie haben Merkmale des Kares und Reste der älteren (durch Abspülung entstandenen) Nische. Die Reste umfassen Kamm- und Gipfelgehänge, das Kar ist durch einen Wandstreifen kenntlich. (Beispiele hierfür: an der Westseite des Prislop 2145 *m*, an der Nordseite des Velky vrch 2184 *m*, Tomanova-, Smreczyn [Nord]-, Latana-Kar, Kare im Salatin- und westlichen Nachbargraben.) Die Entwicklung der Karwand ist demnach der erste Schritt zur Karbildung. Mit der Karwand setzt die Unterschneidung des Hanges ein, deren Wirkung bis zum Gipfel reicht. Diese Wirkung zeigt sich in der Umwandlung der berasten Gehängepfeiler zu Felsrippen, der Furchen zu Steinschlagrinnen, in der Zuschärfung der Kämme, im Übergang der runden Graskuppen in Graskanten- und endlich in Felsgipfel. (Dreikanter und Vierkanter Richter's.)[1] Man sieht, die Wirkung geht von unten nach oben. Die Umwandlung des Graskammes in den Felskamm knüpft an eine Reihe von Punkten an, deren Lage in der Karmitte zu suchen ist.

Es fragt sich noch, wie die Karwand entsteht. Nach Richter[2] setzt die Karbildung eine »isolierte Firnansammlung« voraus. Meine Beobachtungen stimmen damit überein. Im Westen des Banikov 2178 *m* und des Prislop 2145 *m* ist die Schattenseite des Kares häufiger und stärker durch Karwandstücke unterschnitten, als die Sonnseite. Dies zeigt, daß es Schneereste sind, deren Rand die Unterscheidung des Hanges beginnt und die Bildung der Karwand veranlaßt. Ist der Schneerest symmetrisch gestaltet (wie bei vielen nordexponierten Karen), wird die Karwand halbkreisförmig ausgebildet. Diese Schneeflecke waren Lawinenreste und lagen

[1] Richter, l. c., p. 62.

[2] L. c., p. 4.

im Konfluenzpunkte der radial gestellten Rinnen eines Sammeltrichters. War die Einmündung der Rinnen auf eine längere Strecke verteilt, so entstand ein längliches Kar. Die bogenförmige Innenwand des Schneerestes ist gleichsam eine Keimlinie der Karwand, die Oberfläche gleichsam die Keimfläche des Karbodens. Das Schmelzen und Wiedergefrieren am Rande des Schneerestes lockert das Gehänge, und damit beginnt die Untergrabung. Wie empfindlich die Karwand die Verhältnisse der ersten Anlage bewahrt, zeigt das nordexponierte Kar am Velky vrh (p. 765): Hier erfolgte Zerreißung der Karwand an der Stelle des Expositionswechsels und der größeren Höhe.

Die Karwand entsteht nicht sofort als zusammenhängender Wandstreif. Lehrreich für ihre Bildung aus einzelnen Flächenstücken ist die Mulde im Nordwesten des Smerek 2089 *m*. Der Schneefleckrand untergräbt in gleicher Weise die Rinnen des alten Sammeltrichters, wie die flachgewölbten Rippen zwischen den Rinnen. Aber die Wirkung ist verschieden. Die Rinnen werden unterschnitten und es entstehen kurze Stufen. Die Rippen werden unten abgestutzt; es entstehen parallelogrammartige Flächenstücke, deren seitliche Ecken sich in den Rinnenstufen berühren. Der obere Rand der werdenden Karwand ist zuerst zickzzackförmig. Durch das Zusammenwachsen der Flächenstücke und das Zurückdrängen der Stufen geht die Bildung der Karwand vor sich.

Oben wurde gesagt, daß in den Liptauer Alpen die Zuschüttungsfläche aus einer rundlichen Kuppe hervorgegangen ist. Ich habe diese Fläche auch an Hochgebirgsgipfeln der Alpen gesehen. Damit erscheint sie als ein organischer Bestandteil der Karbildung. Sie ist die Fläche der größten Gesteinszersplitterung. Die Karwand macht dagegen einen glatteren Eindruck. Dieser Gegensatz wurde besonders deutlich in der Adamallogruppe beobachtet (Beispiel in der Anmerkung auf p. 767). Ich fand diesen Gegensatz bisher nur in aperen Karen. In verfirnten Karen scheint er zu fehlen. In diesen schließt an den unteren Rand der Zuschüttungsfläche häufig der obere Rand der wenig geneigten Firnflächen an. An der Grenze beider verläuft die Randkluft. Diese liegt demnach

am oberen Rande der unter Firnmassen verborgenen Karwand. Die apere Karwand scheint ein Maß der Mächtigkeit des letzten Firnlagers zu sein. Mit dieser Auffassung stimmen meine Beobachtungen an alpinen Randklüften überein.

Die drei Hauptergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind:

1. Betreffend die Methode der Glazialforschung: In einem fortgeschrittenen Zeitpunkt der Glazialforschung sind nicht mehr Gletscherschliffe und gekritzte Geschiebe allein das unentbehrliche Rüstzeug des Glazialgeologen. Sie sind für den ersten Nachweis unbedingt erforderlich. Steht einmal die Vergletscherung eines Gebirges fest, so bietet das lückenlose Ineinandergreifen der glazialen Formenelemeate, seien sie solche der Erosion oder Akkumulation, ein festes Gerüst für die Altersbestimmung jeder einzelnen Form. Jede Unterbrechung einer älteren Oberfläche wird durch Flächenstücke einer jüngeren Zeit ausgefüllt.

2. Betreffend das Alter der Gebirgsoberfläche: Die Gebirgsoberfläche setzt sich aus den Resten der präglazialen Oberfläche und aus dem Glazialrelief zusammen. *a)* Die präglazialen Formenreste liegen an der Peripherie des Gebirges, sie bilden die Außenenden der Seitenkämme und werden gebirgswärts schmäler. Die präglazialen Reste erreichen weder auf den Kämmen noch in den Tälern den Hauptkamm. *b)* Den ganzen Innenraum des Gebirges bildet das Glazialrelief. Seine Ausläufer sind die Tröge, die den Gebirgsrand erreichen können. Wo die obersten Trogränder den Seitenkamm erreichen, liegt der innerste Punkt der präglazialen Oberfläche. Das anschließende Kammstück ist ein Rest des Günzreliefs. Die Kammflächen dieser Reste sind häufig schuttbedeckt. Diese berasten »Schuttkuppen« können auf der Wasserscheide nur aus dem Zerfall von Felskuppen hervorgegangen sein. An den Stellen mindestens des Günzreliefs hat während der folgenden Zeiten eine Rückkehr zur Mittelgebirgsform stattgefunden. *c)* Die Gipfelformen des Hauptkammes sind jünger als die Günzzeit; sie sind seit dem Gschnitzstadium nicht mehr wesentlich verändert worden. *d)* Demnach ist die Anordnung der verschieden alten

Formenelemente eine konzentrische. An der Peripherie des Gebirges liegen die präglazialen, im Zentrum des Gebirges die jüngsten Flächenreste. Auf dem Seitenkamm zum Hauptkamm fortschreitend kommt man in immer jüngere Formen. In dieser Richtung nähern sich auch die Trogränder den Seitenkämmen und verschneiden sich mit diesen. Den präglazialen Talböden fehlt gleich wie den älteren Trögen das Talhintergehänge. Aus den zentralen Teilen des Gebirges ist durch glaziale Abtragung eine Granitkalotte entfernt worden, deren Außenrand an den Innenpunkten der präglazialen Oberfläche zu suchen ist. Die zentralen Teile des Gebirges sind stärker erniedrigt worden als die randlichen; erstere erscheinen, obgleich sie tatsächlich höher sind, den peripherischen gegenüber wie eingesunken. Die Mächtigkeit der entfernten Granitschale betrug im Zentrum des Gebirges im Maximum 300 *m*.[1]

3. Betreffend die älteren Tröge. Es gibt ineinandergeschaltete Tröge, wie es ineinandergeschaltete Terrassen gibt. Mit dem Würmtroge wurden Würmmoräne und Niederterrasse, mit der älteren Decke eine Günzmoräne und der Günztrog in Verbindung gefunden. Die Trogwandungen sind verschieden stark verwittert: Der Würmtrog ist felsig, der Rißtrog rasendurchsetzt, der Günztrog häufig ganz berast. Es sind fast überall drei, stellenweise vier Tröge übereinander entwickelt. Die älteren Tröge sind breiter, seichter, ihre Wandungen weniger geneigt. Im Längsprofil ist die Summe der Trogtiefen in der Längenmitte des Gletschers am größten, nahe der Gletscherzunge am geringsten. Es gibt Andeutungen ineinandergeschalteter Kare. Der Karboden eines Günzkares ist im Gipfelniveau eines Seitenkammes gefunden worden.

[1] Diese Abtragung muß eine Entlastung der inneren Gebirgsteile und damit vielleicht ein ganz minimales Aufwölben der Granitmasse bewirkt haben. Die Entlastung wurde am Beginn der Interglazialzeiten beim Schmelzen der großen Eismassen noch gesteigert. Doch liegt es mir völlig ferne, aus diesem viermaligen Wechsel von Belastung und Entlastung das wiederholte Einschneiden der Flüsse in ihre fluvioglazialen Schotter erklären zu wollen.

Die Richtigkeit der Schätzung von 300 *m* bestätigt sich, wenn man ein Querprofil durch die Liptauer Alpen legt und den Scheitel des präglazialen Gebirges ergänzt. Dieser lag bei rund 2500 *m* (siehe Figur 14).

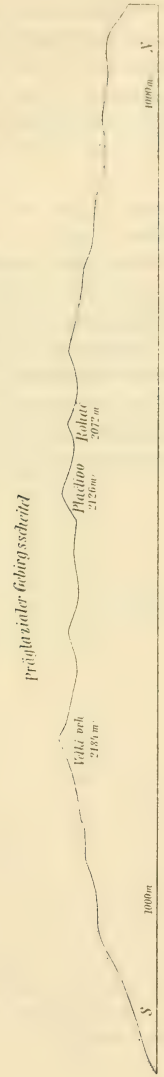


Fig. 14.

Querprofil durch die Liptauer Alpen, 1 : 75000 (ohne Überhöhung).

Die Jugendlichkeit des Hauptkammes wird nicht nur den Liptauer Alpen, sondern allen glazial bearbeiteten Hochgebirgen der Erde zukommen. Und zwar müssen die Formen um so jünger sein, je höher das Gebirge in die eiszeitliche Schneegrenze aufragte. Damit eröffnet sich ein neues Feld der Glazialforschung: Die Altersbestimmung der Hochgipfel.

Die Darstellung der Karte dürfte auch ohne Begleitwort verständlich sein. Nur auf einen Punkt möchte ich aufmerksam machen. Die innersten Punkte der präglazialen Gebirgsoberfläche, namentlich die Punkte der Verschneidung der Glazialtäler mit den Seitenkämmen, sowie die Spuren des Günzreliefs, wurden nicht bezeichnet. Sie liegen unter der Firndecke der Würmgletscher begraben. Nur die ziemlich geschlossenen präglazialen Flächen des Randes sind dargestellt. Die nachweislich jüngeren Gräben in diesen Flächenstücken sind nicht besonders ausgeschieden worden.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 713–716

Die diluvialen Schotter der Liptauer Alpen 716–751

Alluvialflächen ven Lipto Szt. Miklos — Altersbestimmung derselben. — Hochterrasse westlich von Andrasfalu. — Hügel 661 *m*. — Rinne von Nadasd. — Die ältere Decke des Jalovectales. — Der Niederterrassenstreif von Jaloc. — Stadialterrassen am Jalovecbach. — Nieder- und Hochterrassenfeld von Nagy Bobroc. — Schotterverhältnisse am Lisovec- und einem unbenannten Bache. — Die westliche Schranke des Jalovectales. — Rückblick auf das Jalovectal. — Das Gefälle der Schotter. 716–723

Smrečankagebiet: Hora 888 *m*. — Niederterrassenfeld von Zsar. — Westrand des Smrečankagebietes. — Der Mutnikbach. — Deckenschotterrest des Waagtales. — Das Smrečankatal. — Der Westrand des Eozängebietes von Stefanki. — Der Ostrand des Eozängebietes: ältere Deckenreste; Schotterzungen Kamenec, Široki. Plattentälchen von St. Andras. — Das Eozängebiet 723–729

Gebiet des Ternovec, Račkova, Belabaches: Das Konskitälchen. — Der Rücken Martinec. — Schotter des Ternovectales. — Schotterfläche Djil-Mokradi. — Die Furche Svichrova. — Die Schotterinsel Djil. — Hochterrassenfeld von St. Peter. — Stadialterrassen der Belaenge von Lipto-Ujvar. — Der Terrassensporn von Lipto-Ujvar. — Wirkung der Waagtalenge auf die Belaterrassen. — Das Niederterrassenfeld Vavriso-Pribilina und seine Teilfelder. — Verlauf der Steilränder. — Stadialterrassen des Belatales. — Die jüngere Decke Sihot. — Pseudoglaziale Formen am Terrassenrande. — Ältere Decke im Osten des Belabaches und alte Entwässerungsverhältnisse — Schuttkegelstreif zwischen Račkova- und Tychatal. — Schotter des Tychatales. — Terrassen des Waagtales 729–744

Die Schotter der Nordseite: Das Schotterdreieck von Zakopane. — Schotter des Kościelisko- und Dunajectales. — Die Schotter um Habovka. — Niederterrassenfeld von Zuberec. — Terrassen des Studenitales. — Schotterplatte im Norden des Studenibaches. — Höhenverhältnis der Schotter 744–751

Die Glazialgebilde der Liptauer Alpen 751–810

Das Jalovectal. — Würmmoränen im Spolanitale. — Die Bühlmoränen. — Die Gschnitzmoränen. — Der Würmtrog und ältere 751–759

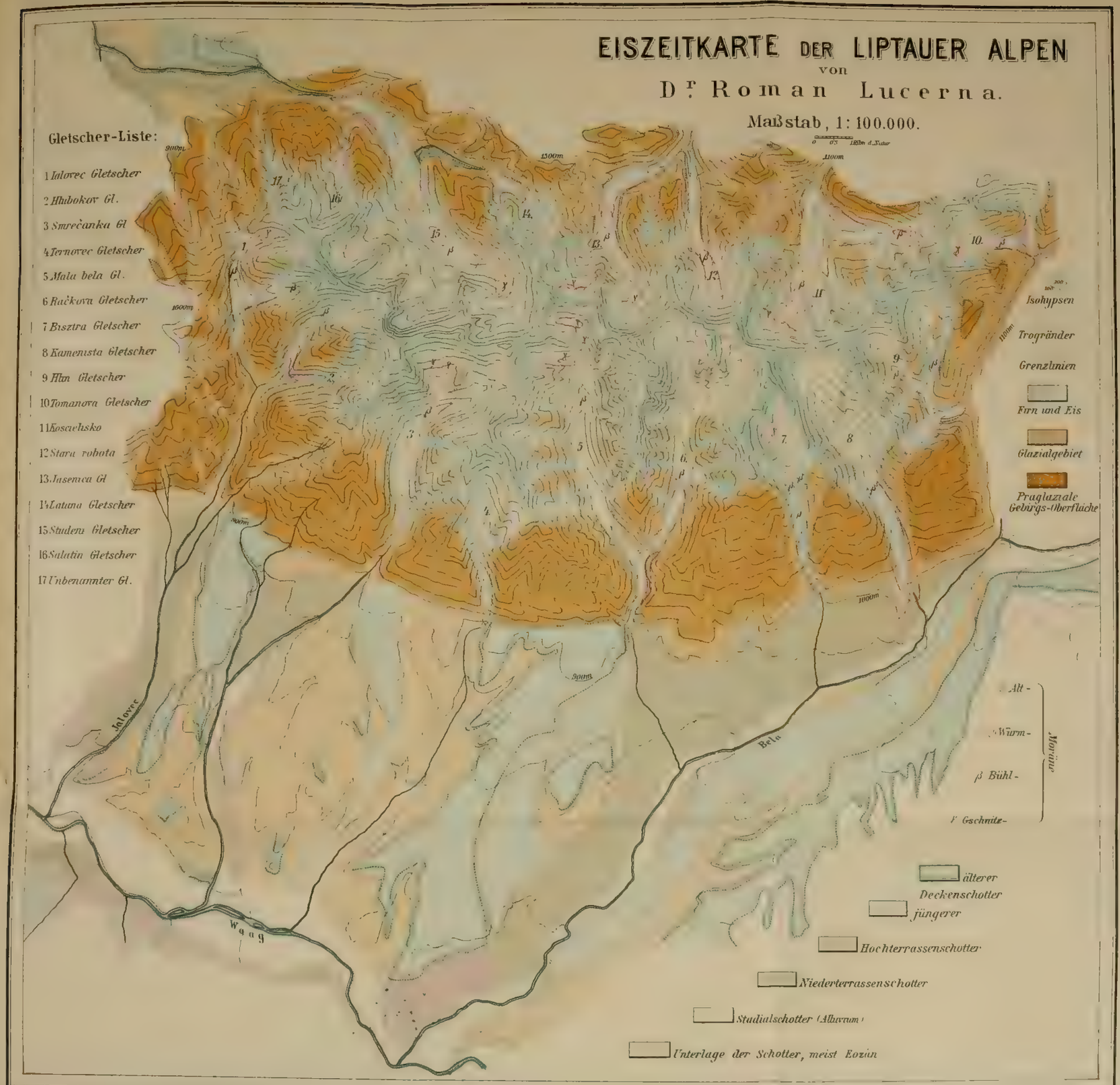
Seite

Trogränder. — Gletscherbifurkation an der Palenica. — Konfluenzmoräne im Hlubokovtal. — Bühlmoränen. — Berggehänge im Hlubokovtal. — Moränen im südlichen Nachbartal. — Rosztokagraben. — Smrečankatal: Altmoräne. — Äußere Würmmoräne. 759–768
— Die Holygräben. — Mittelmoräne und innere Würmmoränen. — Der Schuttkegelstreif im mittleren Smrečankatal. — Prislop-Gehänge. — Bühlmoränengebiet. — Gschnitzmoränen. — Würmmoränensporn. — Das Nordkar des Velky vrh. — Ältere Tröge. — Ternovectal: 768
Würmmoränen, Trog. Račkovatal: Gebiet der Würmmoränen. — 768–781
Račkovaquell. — Ablenkung der Gletscherzunge. — Drei Trogreste. Račkovatal. — Mala belatal. — Bühlmoränen. — Tröge mit gestufter Wandung. — Plačlivokar. — Uplesikar. — Das innere Račkovatal mit Würm-, Bühlmoränen und Trögen. — Bisztratal: 781–785
Würmmoränen. — Verbauung. — Bühlstadium. — Gschnitzstadium. — Vier Tröge. — Kennzeichen der älteren Tröge. — Verhältnis der Tröge zur Kammüberhöhung. — Kamenistatal: Würmmoränen. — 785–787
Bühlmoränen. — Tröge. — Hlintal: Würmmoränen. — Bühl- 787–788
moränen. — Tomanovatal: End- und Mittelmoränen. — Bühl- 788–792
moränen. — Gschnitzwälle. — Verschwundene Gratköpfe. — Veränderung des Tomanovapasses. — Jugendlichkeit des Gebirgsreliefs.
— Die Gletscher der Nordseite. Kościeliskotal: End- 792–798
moränen-, jüngere Würmmoränen. — Czarnystaw-Mittelmoräne. — Bühlstadium. — Gschnitzwälle. — Der Czarnystaw. — Zungenbeckenreihe. — Erosion im Haupt- und Nebental. — Östliche Würmmoränen. — Die rechte Seitenmoräne. — Tomanova-Alpe.

Stara robota-Tal: Mittelmoränenreste. — Innere Würm- 798–801
moränen. — Bühlmoränen. — Vier Tröge; ineinandergeschaltete Kare; Lage des Günzkarbodens. — Zerstörter Gipfel der Günzeiszeit. — Grenzwerte für das Alter des Hauptkammes. — Jasenicatal: 801–804
Bühlterrassen. — Rechte Seitenmoränen. — Verbauung. — Graben der Kote 1760 *m*. — Rechte Würmmoränen. — Bühlmoränen. — Gschnitzmoränen. — Tröge.

Latanatal: End-, Seiten-, Mittelmoränen und Verbauung . . 804–805

Studenital: Rechte Seitenmoräne. — Endmoränenwälle. — 805–809
Gestufte linke Seitenmoräne. — Verbauung des Latanatales. — Jüngere Würmmoränen. — Bühlstand. — Gschnitzstand. — Tröge und Rückkehr zur Mittelgebirgsform. — Salatingraben. — 809
Graben im Nordwesten der Kote 1712 *m*. — Karbildung . . . 809–813
Hauptergebnisse: Lückenloses Ineinandergreifen der Glazialgebilde. — Anordnung der präglazialen und glazialen Formenreste. — Sätze über Tröge. — Ausblick 813–816



Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII, Abt. I, 1908.

gewissern, daß nicht während der genannten Operationen Stoffe, die nicht das Färbemittel bilden, hineinkommen. Schon das Zerkleinern der harten Edelsteine mit einem Stahlmörser ist eine Fehlerquelle, und da es sich oft um kleinste Mengen handelt, müssen ideal reine Reagentien genommen werden, was wieder eine große Schwierigkeit bildet, selbstverständlich müssen auch große Mengen verarbeitet werden, was wieder ebensolche Mengen von Säuren, Aufschlußmitteln verlangt.

Ich habe daher eine indirekte Methode angewandt, indem mit bestimmten Reagentien eine Anzahl von Borax- und Silikatgläsern von derselben Farbe wie die zu untersuchenden Edelsteine hergestellt wurden und diese der Einwirkung von Gasen, Sauerstoff, Stickstoff, Ammoniak, Chlor, Wasserstoff, Kohlenoxyd, Leuchtgas, Schwefeldampf gleichzeitig mit den betreffenden Edelsteinen unterworfen worden. Da aber die Permeabilität derselben erst bei Erhitzung beginnt, so ist es notwendig, dieselben zu erhitzen, was in manchen Fällen einen Übelstand bildet.

Solche Versuche hatte ich bereits 1893 begonnen, doch waren die Resultate keine besonders günstigen. Die Arbeiten wurden jetzt in meinem Laboratorium von stud. W. Hermann wieder aufgenommen und hat er hübsche Resultate erzielt, über die an anderer Stelle berichtet werden soll.

In Verbindung damit sollen Beobachtungen, welche durch Radium- und Röntgenstrahlen erzielt werden, laufen, die aber für sich allein nicht zum Ziele führen.

Es war naheliegend, den großen Radiumvorrat der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Färbungen von Edelsteinen zu benützen.

Es wurde dabei so vorgegangen, daß die in Seidenpapier eingewickelten Steine um eines der Radiumpräparate, und zwar um eines, welches 1 *g* reines Radiumchlorid enthielt, herumgewickelt wurden. Das Ganze lag in der Radiumkassette, welche im ganzen fast 3 *g* Radiumchlorid enthält, durch einige Wochen, einzelne durch fast 2 Monate.

Andrerseits glaubte ich auch, mit Röntgenstrahlen einige Versuche machen zu müssen, um zu sehen, wie sich diese im Vergleich zu Radium verhalten.

Bei allen Versuchen wurden ungeschliffene Mineralien, deren Provenienz möglichst sicher war, und zwar Krystalle oder Krystallbruchstücke verwendet.

Für die Benützung eines Röntgenapparates bin ich Herrn Dr. Kaiser in Wien, Inhaber eines Röntgeninstitutes, zu Dank verpflichtet, ebenso Herrn Privatdozenten Dr. Haschek. Ferner habe ich für die Erlaubnis, die Radiumpräparate zu benützen, Herrn Prof. Dr. Fr. Exner und Prof. Dr. Schweidler zu danken und ebenso für seine Mithilfe Herrn Privatdozenten Dr. St. Meyer in Wien.

Die bisherigen Arbeiten über denselben Gegenstand will ich nun kurz besprechen.

Miethe und Berthelot haben zuerst Versuche über die Farbenänderung der Edelsteine unter der Einwirkung von Radiumbromid ausgeführt und Berthelot hat aus seinen Versuchen bei Amethyst auf die Gegenwart von Mangan geschlossen. Bordas hat mit kleinen Mengen von Radiumbromid Korundvarietäten behandelt und auch die Einwirkung von Kathodenstrahlen versucht.

Berthelot[1] konstatierte, daß entfärbter Amethyst unter der Einwirkung des Radiums wieder seine Farbe annimmt, was er auf die Oxydation des Manganitsalzes zurückführt. Ähnlich soll sich violetter Fluorit verhalten. Diese Wirkung tritt bei grünem Flußspat nicht auf und es soll diese nur bei manganhaltigen Substanzen auftreten. Es ist aber gleich zu bemerken, daß Mangan im Amethyst nicht sicher nachgewiesen ist und daß sowohl die Untersuchung von Nabl[2] als auch die in meinem Laboratorium vorgenommenen Versuche von Hermann nicht für die Gegenwart von Mangan sprechen.

Miethe[3] untersuchte mit 60 *mg* Radiumbromid besonders Diamant, Korund, Amethyst, Quarz, Topas, Turmalin. Farbloser Diamant wurde gelb, ein hellblauer Saphir von Ceylon wurde gelb, andere zeigen keine Veränderung, violette wurden graublau. Farbloser Topas wird hellgelb, rosa Topas von Mursinsk

---

[1] C. R., *143*, 477 (1906).

[2] Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, *108*, 48 (1899).

[3] Annalen der Physik, *19*, 632 (1906).

wird gelb. Von Turmalinen wurde nur ein farbloser verändert. Bergkrystalle, Citrin werden grau, Rauchquarz wird braun. Er beobachtete auch Luminiszenz.

Dagegen teilt Berthelot[1] mit, daß Bergkrystall unter der Einwirkung von Radium farblos bleibt.

Bordas[2] färbte Saphir gelb und dasselbe erhielt er, als er durch 45 Minuten Saphir in unmittelbare Nähe einer Crookesschen Röhre brachte.

Bei meinen Untersuchungen sollte jedoch nicht nur das Endresultat, sondern auch die verschiedenen Stadien der Färbung konstatiert werden und es wurden bei der Untersuchung mit Radium die Steine öfters herausgenommen und dann wieder eingelegt, um die Farbenänderung gradatim zu verfolgen.

Die Farbenbestimmung. Da die gewöhnlichen Angaben über Farben wie lila, graublau, braungelb sehr unbestimmte sind, bediene ich mich schon seit sehr langer Zeit der Raddeschen Farbenskala zur Bestimmung der Farben der Edelsteine.[3] Dieselbe besteht aus 42 verschiedenen Farben, nämlich:

1. Zinnober, 2., 3. Übergänge zu Orange, 4. Orange, 5., 6. Übergänge zu Gelb, 7. Gelb, 8. 9. Übergänge zu Gelbgrün, 10. Gelbgrün, 11., 12. Übergänge zu Grasgrün, 13. Grasgrün, 14., 15. Übergänge zu Blaugrün, 16. Blaugrün, 17., 18. Übergänge zu Blau, 19. Blau, 20., 21. Übergänge zu Violett, 22. Violett, 23., 24. Übergänge zu Purpur, 25. Purpur, 26., 27. Übergänge zu Carmin, 28. Carmin, 29., 30. Übergänge zu Zinnober.

Die übrigen Farben sind braune und graue: 31. Neutralbraun, 32. Zinnoberbraun, 33. Braun, 34. Orangegrau, 35. Gelbgrau, 36. Gelbgrüngrau, 37. Grüngrau, 38. Blaßgrüngrau, 39. Blaßgrau. 40. Violettgrau, 41. Purpurgrau, 42. Carmingrau.

Jede dieser 42 Farben ist in Intensitätsstufen geteilt, von der stärksten dunkelsten *a*, bis zur schwächsten, welche sich dem Weiß nähert *v*; es bedeutet 5^s gelb von der Intensität der 18. Stufe, also ein helles Gelb. Ich habe in einigen Fällen die Farbenveränderung so dargestellt, daß die Farben als Abszissen,

[1] C. R., *133* und *135*.
[2] C. R., *145* (1907).
[3] C. Doelter, Edelsteinkunde. Leipzig 1893.

die Intensität der Farbe als Ordinate aufgetragen werden und die Veränderung durch Pfeile ersichtlich wird (siehe die Figur).

Versuche mit Röntgenstrahlen.

Versuch I.

Dauer 45 Minuten. Der Untersuchung wurden unterzogen: Cerglas, Titanglas, Manganglas, Chromglas, ferner von Mineralien: Diamant, Saphir, Rubin, grüngelber Korund, Zirkon, Spinell, Turmalin, Almandin, Topas, Hiddenit, Amethyst, Rauchquarz.

Die Resultate waren folgende:

1. Die Borax-Gläser blieben unverändert.

Diamant, graubraun, unverändert.

Diamant, grau, unverändert.

Diamant, braun, erhält einen kleinen Stich ins Violette, von 24° wird er ganz wenig purpur 33^o.

Korund, gelb, unverändert.

Korund, grau, etwas heller.

Korund, grüngelb, unverändert.

Rubin 25^f, wird in 25^q also heller. Ein zweiter Rubin 24^l bleibt unverändert.

Saphir 19^d, unverändert.

Turmalin, farblos, bekommt einen zarten Stich in Lila.

Turmalin, dunkelgrün, 37^c, unverändert.

Spinell, rosa (Balaisrubin), 25^m, unverändert.

Zirkon, grün, unverändert.

Amethyst, t^{22}, unverändert.

Aquamarin, blaugrün, 18^r, wird etwas mehr bläulich, 17^n.

Kuntzit, unverändert.

Hiddenit Nr. 1 von der Nuance 15^m wird zu 16^n.

Hiddenit Nr. 2 von der Färbung 13^s wird zu 14° umgewandelt.

Bergkrystall, farblos, unverändert.

Topas, farblos, ist etwas gelblich geworden, 27^u.

Gelber Topas Nr. 1, Brasilien, wird von 4^t zu 4^u.

Gelber Topas Nr. 2, Brasilien, wird von 5^l zu 4^q.

Was die Fundorte anbelangt, so waren die Diamanten vom Kap, Kimberley, die Korunde, Saphire von Ceylon, der Rubin

vom Ural, der Hiddenit von Stony Point, farbloser Topas von Brasilien, Bergkrystall vom Gotthard, Amethyst von Schemnitz, Zirkon von Ceylon, Aquamarin vom Ural, Almandin von Ceylon, Turmalin von Brasilien, Aquamarin von Kalifornien, grüner Turmalin von Brasilien.

Überblicken wir das Resultat dieses ersten Versuches, so haben wir der kurzen Einwirkung entsprechend nur minimale oder keine Einwirkung.

Unverändert blieben die Gläser, Quarz, Amethyst, graue Diamanten, grüner, gelber Korund, Saphir, Rubin, fast unverändert Kuntzit, Spinell.

Unbedeutend verändert sind die Topase, farbloser Turmalin, etwas mehr Hiddenit und Aquamarin.

Versuch II.

Die Steine wurden durch 15 Stunden mit Röntgenstrahlen beleuchtet, und zwar 9 Stunden mit einer harten Röhre und 6 Stunden mit einer weichen.

Es kamen zur Anwendung: Fluorit, violett, von Derbyshire, blauer Saphir von Ceylon, gelber Korund von Ceylon, Rubin von Ceylon, Diamant, braun, von Kimberley, Diamant, gelb, von Kimberley, rosa Spinell von Ceylon, Hyazinth von ebenda, farbloser Topas (sogenannter Wassertropfen, pingos d'agoa) von Brasilien, weingelber Topas von Brasilien, blaßgelber Topas vom Schneckenstein, farbloser Turmalin von Elba, grüner Turmalin von Brasilien, rosafarbener Lithiumturmalin von Maine (Amerika), Hiddenit von Stony Point, Aquamarin vom Ural, Goldberyll von Pisek, Pyrop von Böhmen, Kuntzit von Amerika.

Ferner wurden gleichzeitig folgende Boraxgläser mitexponiert: Manganglas nelkenbraun, Chromoxydglas grün, Cerglas farblos, Titanglas farblos, wie bei Versuch I.

Auch hier waren die Veränderungen keine bedeutenden, wie aus folgender Übersicht hervorgeht.

Diamant I, 34^h wird zu 34^n, also etwas in violettgrau.
Diamant II, 33^r wird zu 34^f, etwas heller.
Diamant III, 41^n, unverändert.

Saphir, 18^p wird zu 19° bis 19^p, kaum verändert.

Fluorit, 21^m wird etwas dunkler 21^l, aber die Veränderung ist eine ganz minimale.

Rubin, welcher etwas violetten Stich zeigt, verliert diesen und wird reiner rot. Die Änderung ist aus 24^n zu 26^n, also merklich.

Korund, gelb, ist nahezu unverändert; die beiden Nuancen 35^s und 35^t sind zu wenig voneinander verschieden, als daß von einer Änderung gesprochen werden könnte.

Hyazinth ist etwas heller geworden von 33^m zu 30^p.

Rosa Spinell, 25°, unverändert.

Topas vom Schneckenstein ist kaum verändert; die beiden beobachteten 4^t und 4^u sind zu wenig verschieden, daß man dies als Änderung betrachten könnte.

Topas, weingelb, aus Brasilien, ist mehr orange geworden; indem die zwei Nuancen 4^p und 5^t doch genügend verschieden sind, ist also die Farbe von gelb zu orange geworden.

Topas, farblos, ist zu 27^t bis 27^u geworden, also immerhin deutlich orange.

Hiddenit I wird von 16^n zu 15^m, also etwas mehr reingrün.

Hiddenit II wird von 13^q zu 14^q, also ebenfalls mehr reingrün; der gelblichgrüne Ton wird demnach zu einem grünen.

Kuntzit bleibt unverändert.

Turmalin, lithiumhaltig, pfirsichblütenfarben, bleibt unverändert.

Turmalin, farblos, hat einen allerdings nur minimalen Stich in Lila bekommen.

Turmalin, dunkelgrün, ist unverändert.

Aquamarin, 17^q, ist etwas blässer, aber auch deutlich blaulicher geworden und zeigt 18^s.

Goldberyll, 35^z, wird zu 5^r, also stärker reingelb.

Pyrop wird von 1^h zu 26^m, ist also heller geworden und mehr gelblich.

Was die Boraxgläser anbelangt, so waren die Änderungen gering:

Titanglas ist etwas trübgrau geworden.

Chromgrünglas ward etwas gelblicher.
Cerglas ist schwach gelb geworden.
Manganglas wird zu 25^z mehr grau.

Versuch III.

Es wurde eine weiche Röhre des physikalischen Institutes der Wiener Universität verwendet, welche im ganzen durch 32 Stunden in Tätigkeit war, doch war gewöhnlich die ununterbrochene Expositionszeit nur 3 bis 4 Stunden, da es nicht möglich war, den Apparat anhaltend länger laufen zu lassen.

Es wurden die früher exponierten Mineralien wieder angewandt, und zwar die folgenden: Diamant Kimberley, weingelber Topas von Brasilien, hellgelber Topas vom Schneckenstein, pfirsichblütenfarbener Lithiumturmalin von Kalifornien, Fluorit von Derbyshire, Kuntzit, die erwähnten Hiddenite, Pyrop von Böhmen, Aquamarin von Kalifornien.

Neu exponiert wurden: Diamant, schwefelgelb, von Kimberley, Saphir von Ceylon, Rubin von Ceylon, Amethyst von Schemnitz, Rauchquarz vom Gotthard, Beryll und Hyazinth von Ceylon, Chromalaun (künstlich).

Diamant I, schwefelgelb, 8^u unverändert.
Diamant II, braun, der bei dem vorigen Versuch in 34^t umgewandelt worden war, wird zu 40^t, etwas violettgrau.
Diamant III, der aus dem vorigen Versuch mit der Farbe 34^u hervorgegangen, wird zu 32^l, also doch mehr violett.
Rauchtopas wird von 34^t in 32^t, also mehr zinnobergrau.
Goldberyll, 5^r, wie wir ihn aus dem Versuch II erhalten, wird zu 6^r, also etwas mehr ins Weingelbe.
Flußspat, violett, bleibt unverändert.
Saphir von Ceylon verändert sich von 18^m zu 19^p, also mehr ins Blaugrüne, ein zweiter Stein ist nur eine Spur blässer geworden.
Pyrop hat einen allerdings nur wenig merklichen Stich ins Gelbe erhalten.
Turmalin, rosa, ist unverändert.
Turmalin, farblos, bekommt einen leisen Stich ins Violett, etwas stärker als bei Versuch II.

Die früher behandelten Hiddenite wurden I von 13^q zu 13^p, also kaum verändert, II von 15^m zu 14^n verändert, d. h. etwas mehr reingrün.

Rubin von Ceylon ist etwas dunkler geworden, von 27^p zu 26^m und mehr gegen Purpur neigend.

Hyazinth, 2^p wird zu 4^m, mehr orange.

Amethyst unverändert.

Kuntzit, fast farblos mit Violettstich, wird etwas mehr grau, nämlich von 21^u zu 20^t.

Aquamarin. Dieser wurde im vorigen Versuch zu 18^s und bei dem dritten Versuch zu 17^s, also ohne Änderung der Färbungsintensität mehr reinblau.

Topas von Brasilien wird von 3^u zu 4^p etwas stärker gelb.

Topas vom Schneckenstein, hellgelb, wird von 4^t zu 5^t, also mehr orangegelb.

Topas, farblos, nimmt die Färbung 2^t, also orange an.

Chromalaun bleibt unverändert.

Im ganzen ist die Einwirkung, entsprechend der längeren Dauer, etwas stärker geworden, doch sind die Veränderungen, etwa mit Ausnahme von Topas, im ganzen nicht bedeutende.

Was nun die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die Boraxgläser anbelangt, so war sie hier etwas beträchtlicher als bei dem früheren Versuche:

Thoroxydglas unverändert.

Yttriumglas unverändert.

Titanglas etwas grau geworden.

Ceroxydulglas. Der Stich ins Gelbliche ist etwas stärker geworden, 7^u.

Chromgrünglas, von 11^q in 10^p verwandelt, also mehr gelbgrün.

Manganoxydglas, von 22^p in 24^q umgewandelt, mehr violett.

Versuche mit Radium.

Versuch I.

Angewandt wurden Hyazinth von Ceylon, Smaragd vom Habachtal, Turmalin von Brasilien, Fluorit von Derbyshire,

Aquamarin von Kalifornien, Pyrop von Böhmen, Amethyst von Schemnitz, zwei Topase von Brasilien, Rubin von Ceylon, zwei Diamanten von Kimberley (Kap), Rosenquarz von Zwiesel, Rauchtopas vom Gotthard, Hiddenit von Stony Point, Saphir von Ceylon.

Von diesen waren Aquamarin, Diamant (braun), Hiddenit bereits bei den Röntgenversuchen versucht worden.

Von Borgläsern wurden genommen: grünes Chromglas, nelkenbraunes Manganglas, weißgelbliches Cerglas, farbloses Titanoxydglas, titanstickstoffhaltiges Boraxglas, violettbraun.

Nach einer Expositionszeit vom 14. Mai, 1 Uhr bis 28. Mai, 12 Uhr ergab sich folgendes:

Smaragd wird von 16^n nur sehr wenig verändert nach 16°.

Fluorit, 21^k, wird zu 22^l, eine Spur mehr ins Violette, aber sonst nicht verändert.

Aquamarin, 18^r, ist etwas wenig zu 17^s verändert, mehr blaugrün.

Rubin, 24^l, ist etwas nach Purpur verändert und zeigt 25^m, ist also auch unbedeutend heller.

Rauchtopas ist stärker bräunlich 33° geworden; der ursprüngliche war nur schwach gefärbt 33^q.

Saphir, 19°, ist weniger blau zu 19^q.

Hiddenit, 14^r bis 14^s, wird 12^q, etwas gelblicher.

Rosenquarz, 24^t, wird zu 23^s, also dunkelvioletter.

Pyrop, 29^c, zeigt 30^n, ist also gelblicher geworden.

Amethyst, 22^n, ist kaum verändert.

Topas wird von 3^r zu 3°, also intensiver gelb gefärbt.

Topas, farblos, wird orange 27^u.

Turmalin, dunkelgrün bis schwarzgrün, ist etwas heller geworden, doch ist der Unterschied sehr gering.

Diamant, gelb, 7^t ist zu 6^u geworden, also einen Stich ins Orange.

Diamant, braun, 34^t wird etwas grau 33°.

Von den Boraxgläsern hat sich bedeutend verändert: Manganglas mehr schwärzlichbraun, Chromglas gelblichgrau, wenig Cerglas, das etwas gelber geworden ist, genau

wie bei dem Röntgenversuch. Unverändert blieb Titanoxydglas, Yttriumglas; Titanstickstoffglas ist etwas heller geworden.

Versuch II.

Es wurden dieselben Steine wie bei dem ersten Radiumversuch wieder exponiert, und zwar vom 2. Juni bis 17. Juni und einige neue dazugelegt.

Behandelt wurden die bereits bei Versuch II exponierten, nämlich:

A. Saphir von Ceylon, Rubin von Ceylon, Hiddenit von Stony Point, drei Diamanten von Kimberley, gelb und braun, Saphir, Amethyst von Schemnitz, Fluorit von Derbyshire, Aquamarin vom Ural.

Noch nicht exponiert waren folgende:

B. Lichtblaue Saphire von Ceylon, künstlicher Rubin, von Frémy hergestellt, farbloser Topas von Brasilien, Kuntzit, Pyrop von Böhmen, Hyazinth von Ceylon, Chromalaun.

Die Resultate sind:

Wenig verändert wurden:

Hyazinthe, 2^i in 2^h.

Fluorit ist unverändert

Pyrop, 30^n, ist etwas gelblicher geworden.

Amethyst ist etwas dunkler geworden und wandelt sich von 22^n in 22^l um, also unbedeutend.

Rubin, 25^m, ist nicht weiter verändert.

Diamant, gelb, 6^u wird zu 7^i, ist also im ganzen mehr reingelb geworden und eine Nuance gelber, doch ist der Unterschied sehr gering.

Diamant, braun, 33° wird zu 34^i, mehr gegen Orangegrau.

Smaragd, 16^n, wird eine Nuance blässer; die Farbenqualität blieb gleich.

Künstlicher Rubin unverändert.

Ein kleiner dunkler Saphir von Ceylon unverändert.

Hiddenit ist wenig verändert; von 12^q aus dem früheren Versuch ist er 12° bis 13° geworden, also etwas wenig dunkler.

Stark verändert sind folgende:

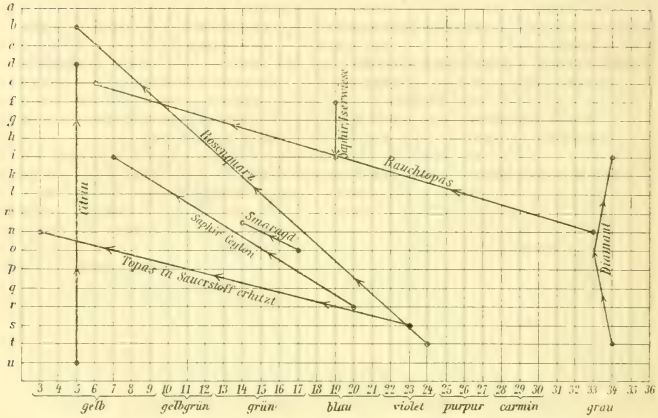
Heller Saphir (neu) von Ceylon, 20^r wird zu 7^i, also stark bräunlichgelb.

Dunkelblauer Saphir, 19^n von Ceylon wird braungelb.

Topas, 3^p wird zu 2^p, also nicht intensiver in der Farbe, aber mehr zinnober.

Topas (neu), farblos, wird zu 4° orangegelb.

Rosenquarz, 23^s wird schwarzbraun 5^b.



Rauchtopas, 33^u, ebenfalls schwarzbraun.

Aquamarin, 17^r, wird mehr bläulich.

Die Textfigur zeigt graphisch die Veränderungen einiger Edelsteine; die Abszissen sind die verschiedenen Farbennuancen, die Ordinate zeigt die Farbenintensität von der stärksten *a* bis zur schwächsten *u*.

Von Gläsern wird:

Titanoxydboraxglas grau, von farblos zu 31^s.

Cerglas war gelblich geworden, blieb unverändert.

Manganglas trübe und mehr graubraun.

Chromalaunkrystall, dunkel rotviolett, wird zu einem violetten Pulver umgewandelt.

Chromoxydboraxglas wird schmutzigbraun und bedeckt sich manchmal mit einem weißen Überzug.

Versuch III.

Topas wird nach Versuchen von W. Hermann im Stickstoffstrom bei Rotglut stark rosa gefärbt, ebenso durch Ammoniak, Salmiak, wie er auch im Sauerstoffstrom leicht rosa bis lila wird. Ein weingelber brasilianischer Topas, welcher durch Sauerstoff auf diese Weise lila gefärbt worden war, hatte die Farbe 23^s angenommen und wurde durch 48 Stunden der erwähnten Menge von 1 *g* Radiumchlorid ausgesetzt; er war sehr stark goldgelb gefärbt worden, und zwar war die Farbenintensität viel größer geworden und zeigte die Nuance 2° bis 3^n, an verschiedenen Stellen aber etwas verschieden. Der Unterschied ist also ein sehr großer, da er von 23^s zu 2° bis 3^n umgewandelt ist.

Ebenso war ein geglühter Amethyst stark verändert:

Amethyst. Durch stärkeres Erhitzen im Sauerstoffstrom vollkommen entfärbter Amethyst, der ein weißes milchiges Aussehen hatte, wurde nach 48 Stunden Radiumeinwirkung ganz unverändert gefunden. Nach weiteren 7 Tagen, vom 17. Juni, 4 Uhr bis 24. Juni, 4 Uhr war dieser Amethyst jedoch violett geworden, obgleich er sein milchiges Aussehen durch die vielen kleinen Sprünge, die beim Erhitzen entstanden waren, beibehalten hatte. Zu bemerken ist dabei, daß Amethyst durch Radium eine merkliche Veränderung nicht erleidet, insbesondere wird dunkler Amethyst nicht weiter verändert, was schon von Miethe beobachtet wurde.

Versuch IV.

Folgende Steine wurden nochmals vom 17. Juni, 1 Uhr bis 30. Juni, 4 Uhr exponiert: Hyazinth, Hiddenit, Fluorit, Aquamarin, Rauchquarz, Rosenquarz, Topas gelb, Topas farblos, Amethyst, Smaragd, Rubin, künstlicher Rubin, Diamant braun, Diamant gelb. Alle diese Steine waren schon bis 17. Juni

exponiert gewesen und waren nun weiter bis 30. Juni im Radiumkasten gelegen.

Keine weitere Veränderung mehr zeigen Flußspat und Amethyst, Pyrop, gelber Diamant, Hiddenit; sie behielten die frühere Färbung, die sie am 17. Juni hatten; dasselbe gilt für künstlichen Rubin, Aquamarin.

Weitere Veränderungen erlitten:

Rosenquarz, der nun schwarzbraun wird.
Rauchtopas, der dunkelbraun 6^b wird.
Topas wird von 2^p zu 1°, also mehr zinnober.
Smaragd wird von 17° zu 15^m, also mehr grün.
Saphir wird von 7^i zu 8^l, etwas grünlichgelb.
Rubin wird von 26^m zu 27^r, also mehr reincarmin.
Hyazinth wird von 2^i zu 2^s, also dunkler.

Am 17. Juni wurden neu eingelegt:

1. Grüngrauer Zirkon von Ceylon;
2. blaugrüner Zirkon von Ceylon;
3. eine Turmalinplatte mit einem rosa Kern, einer äußeren grünen Zone und einer mittleren farblosen, ferner
4. ein Chromoxydglas, aus 50% Glas und 50% Chromoxyd bestehend.

Hiervon war am 30. Juni 1. mehr grau geworden, 2. war von 17^k zu 18^q geworden, also mehr blau und heller. Bei 3. war der rosa Kern unverändert, die äußere grüne Schicht war etwas dunkler geworden von 16^p zu 16^m; am bemerkenswertesten war aber, daß die mittlere farblose Schicht grünlich geworden war 15^q, wahrscheinlich liegt hier eine Diffusion im festen Zustand infolge Radiumeinwirkung vor.

Hierbei ist zu bemerken, daß Miethe bei einem farblosen Turmalin, der an einem Ende grün gefärbt war, schon nach 2 Tagen eine starke grüne Färbung erhielt, trotzdem er nur 60 *mg* Radiumbromid zur Verfügung hatte, während bei meinem Versuch nach 13 Tagen die farblose Schicht nur sehr wenig grün war. Ich erkläre dies dadurch, daß dann wahrscheinlich auch die rosa Färbung infolge der Diffusion aus dem rosa Kern in der farblosen Schicht sich geltend machte und zum Teil die

grüne Färbung neutralisierte. Der sattgrüne Rand und der rosa Kern selbst wurden kaum weiter verändert. Daß dunkelgrüner Turmalin wenig verändert wird, wurde an anderer Stelle erwähnt.

Vom 19. bis 30. Juni exponiert blieben: dunkelblauer Saphir von der Iserwiese, rosa Flußspat vom St. Gotthard, violblauer Apatit von Auburn (Maine), blaßgelber Citrin von Südamerika, violetter Kalkspat von Joplin (Missouri), rosa Spinell (Balais) von Ceylon, dunkelroter Rubin vom Ural.

Es zeigten sich folgende Veränderungen:

Apatit von Auburn wird von 21^n zu 21^q, also mehr violett und viel heller.

Flußspat vom St. Gotthard, rosa 30^s bis 30^t, wird zu 29^d, mehr purpurfarbig und stärker gefärbt.

Ein violetter Calcit von Missouri, 22^r bis 22^s, wird mehr purpur und dunkler, 23^q, dabei aber etwas trübe.

Der dunkelblaue Saphir von der Iserwiese, 19^f, wird heller zu 19^i.

Roter Rubin vom Ural, 25^q, wird zu 25^m, also heller.

Citrin wird vom 23. bis 30. Juni von 5^u zu 5^d, also schwärzlichbraun.

Die Resultate waren für die Steine, die vom 17. bis 28. Mai, dann vom 2. bis 30. Juni exponiert waren, folgende:

Hyazinth wird von 2^i bis 2^h zu 2^f bis 2^g, also mehr dunkelbraun.

Hiddenit ist bis 17. Juni zu 14^q geworden und bis 28. Juni 14^s, also etwas heller geworden.

Aquamarin ist vom 17. Mai bis 30. Juni von 18^r bis 17^s verändert, also heller geworden und mehr grünlichblau.

Rosenquarz ist schwarzbraun geworden.

Rauchtopas, der sehr licht war, wird braunschwarz von 33^n zu 6^e.

Topas wird von 2^p zu 1°, also mehr zinnober und gleichzeitig dunkler.

Versuch V.

Smaragd wird vom 17. bis 30. Juni mehr grün, von 17° zu 14^m bis 15^n.

Amethyst ist unverändert.

Rubin von Ceylon wurde im ganzen vom 14. bis 28. Mai und dann vom 2. bis 30. Juni exponiert. Das Resultat war geringfügig, da er schließlich zu 28^i, mehr carminrot wurde, gegen die ursprüngliche Färbung 24^i am 17. Mai; er ist also weniger violett.

Künstlicher Rubin war unverändert (17. bis 30. Juni).

Gelber Diamant war schließlich eine Spur intensiver gelb geworden, von 7^i bis 7^s, trotzdem er durch die ganze Zeit exponiert war.

Brauner Diamant ist schließlich zu 34^{i-l} gefärbt und war ursprünglich 34^l, dann 33°, 34^i, bis er endlich im ganzen dunkler geworden ist.

Von Gläsern wurde das Chromoxydboraxglas nach wenigen Tagen dunkelgrau, nach 14 Tagen gelbbraun, nach 29 Tagen schwärzlichbraun; es dunkelte dann noch etwas nach. Die mikroskopische Untersuchung ergab keine Ausscheidung.

Chromoxydsilikatglas war nur durch 6 Tage exponiert gewesen; es wurde schwach dunkler.

Eisentitanglas, mit Borax erhalten, wird von 22^q schließlich 22^k, also dunkler.

Titanstickstoffglas wird mehr rosa von 42^q zu 32^p.

Manganoxydboraxglas wird graubraun, während es früher nelkenbraun war.

Versuch VI.

Erhitzen der durch Radium gefärbten Körper im Sauerstoffstrom.

Die durch Radium schwarzbraun gefärbten Steine Citrin, Rauchtopas, Rosenquarz sowie ein stark orangegelb gefärbter (früher hellgelber) Topas und schwarzbraunes Chromoxydboraxglas wurden durch zirka eine halbe Stunde bei etwa 300

bis 350° im Sauerstoffstrom erhitzt. Bei allen verschwand die durch Radium hervorgebrachte Färbung.

Citrin und Rauchquarz wurden farblos, Rosenquarz bekommt seine ursprüngliche Rosenfarbe wieder, das Chromglas wird wie vorher wieder grün, der Topas wird hellgelb, fast farblos, mit unregelmäßig verteilten, orangegelben Flecken, Amethyst wird nach wie vor entfärbt. Durch Erhitzen im Sauerstoffstrom entfärbter Rauchtopas wird, nachdem er 8 Tage lang dem Radium exponiert war, wieder braun, und zwar fast genau wie früher im natürlichen Zustand.

Sauerstoff wirkt auf Citrin, Rauchtopas und Rosenquarz ganz entgegengesetzt, indem bei gelinder Erhitzung im Sauerstoffstrom, wie wir gesehen haben, Rosenquarz wieder seine ursprüngliche Farbe, die er vor der Radiumexposition hatte, annimmt, während die beiden anderen, durch Radium schwarzbraun gefärbten Steine wieder farblos werden.

Bei Amethyst kann man durch Radium die durch schwaches Glühen im Sauerstoffstrom vertriebene Amethystfarbe wieder herstellen und umgekehrt die durch Radium erhaltene Farbe durch Sauerstoff wieder zum Verschwinden bringen.

Man kann also beliebig, je nach der Einwirkung von Radium oder Sauerstoff, diese Farbe hervorbringen und wieder verschwinden lassen.

Erhitzen von durch Radium veränderten Steinen im Stickstoffstrom.

Die Erhitzung wurde nur auf 260° getrieben. Es wurden untersucht: Smaragd, Diamant, Citrin, Rauchtopas, gelb gewordener Saphir, künstlicher Rubin, dann Manganoxydboraxglas.

Die Veränderungen waren folgende:

Diamant, gelb, unverändert.

Diamant, braunviolett, geht von 41^g in 42^i über, wird also heller und mehr violett.

Smaragd geht von 15° in 15^m, wird also etwas dunkler.

Citrin, 35^t, wird farblos.

Rauchtopas, 33^d wird zu 33^s, also viel heller, aber nicht farblos.

Saphir, gelb, 7^i wird 20^m, er wird also wieder bläulich wie im natürlichen Zustand, doch war er hier etwas heller gewesen, 20^q.

Künstlicher Rubin wird heller von 25° zu 25^q.

Manganoxydboraxglas wird von 34^m zu 34^p, etwas heller.

Demnach nimmt nur Saphir und etwa Smaragd nahezu die frühere, unter dem Einfluß des Radiums erhaltene Farbe wieder an und kommt zur ursprünglichen Farbe zurück, während Diamant gelb unverändert bleibt und Diamant braun etwas mehr violett wird. Citrin reagiert umgekehrt wie bei Radium, ebenso Rauchtopas, künstlicher Rubin.

Zu bemerken wäre noch, daß ich einen Saphir von der Iserwiese und einen Smaragd vom Habachtal durch eine halbe Stunde lang in einem Porzellantiegel bei heller Rotglut erhitzte und dabei keine Veränderung erhielt.

Veränderung des Chromoxydboraxglases durch Radium.

Während der Versuchsdauer wurden durch verschiedene Zeit ein Boraxglas, mit einigen Prozenten Chromoxyd schön grün gefärbt, exponiert. Je nach der Dauer des Versuches wird dasselbe zuerst dunkelgrüngelb, dann gelbbraun, schließlich dunkelbraun. Bei einigen Stücken, die länger exponiert waren (Versuch I und II), bildete sich eine weiße schimmelartige Haut auf dem Boraxglas, die später weiter untersucht werden wird.

Die ursprüngliche Farbe des Chromboraxglases war grün, schließlich erhielt ich 4^c braungelb. Sehr merkwürdig war es nun, daß das dunkelbraungelb gefärbte Glas durch gelindes Erwärmen (200°) im Sauerstoffstrom vollkommen seine frühere grüne Farbe annimmt. Sauerstoff wirkt hier also genau entgegengesetzt wie Radium.

Verhalten des Chromalauns.

Der dunkelrotviolette Chromalaun zerfällt unter der Einwirkung des Radiums, trotzdem Krystalle von mehreren Millimetern Durchmesser genommen worden waren, vollständig zu

einem hellila Pulver. Erhitzt man dieses Pulver zu 160 bis 170°, so wird es grün, aber auch die ursprünglichen Krystalle von Chromalaun verhalten sich so bei dieser Temperatur.

Von dem veränderten Chromalaun führte Herr Dr. Himmelbauer eine Wasserbestimmung aus, aus welcher sich ein sehr bedeutender Wasserverlust ergab. Der Wassergehalt des veränderten Chromalauns betrug nur noch 24·2.

Verhalten des Kuntzits.

Herr Dr. St. Meyer hatte zu meinen Steinen noch eine größere Platte von Kuntzit hinzugefügt. Nach 20 Tagen war dieser grüngelb gefärbt, so wie der gleichzeitig eingelegte Hiddenit. Spodumen farblos bis grau, Hiddenit grasgrün bis grüngelb und Kuntzit blaßlila gehören derselben Mineralspezies, dem Lithiumaugit $LiAlSi_2O_6$, an und unterscheiden sich nur durch die Farbe.

Es ist nun von Interesse, zu ersehen, daß Kuntzit durch Radiumbestrahlung die Farbe des Hiddenits annimmt. Während jedoch Kuntzit vor und auch nach der Radiumbestrahlung Luminiszens zeigt, ist dies bei Hiddenit nicht zu beobachten.

Resultate.

Röntgenstrahlen und Radiumstrahlen wirken gleichmäßig auf die Farben. Ein Vergleich bezüglich der Wirksamkeit läßt sich nicht ziehen, da ja die Expositionsdauer der Röntgenstrahlen immer nur eine kurze war. Es konnten daher mit Röntgenstrahlen nur erzielt werden: schwache Orangefärbung farbloser Topase, stärkere Färbungsintensität von weingelben Topasen, Blässerwerden des Aquamarins, schwache Violettfärbung brauner Diamanten, Hellerwerden von Saphir; der Hiddenit wird ebenfalls verändert, farbloser Turmalin bekommt einen Stich in Lila.

Von Edelsteinen blieben bei der Einwirkung des Radiums unverändert: rosa Lithiumturmalin.

Äußerst geringfügig war die Änderung von violettem Flußspat, gelbem Diamant, der eher etwas gelber wird.

Amethyst bleibt nahezu unverändert, ebenso künstlicher Rubin.

Dunkelolivengrüner Turmalin hellt sich nur wenig auf.

Etwas stärker verändern sich einzelne blaue Saphire, die heller wurden, sowohl Ceyloner als auch solche von der Iserwiese. Rubin verliert seinen violetten Stich.

Aquamarin verliert seine blaugrüne Farbe und geht in ein reines helles Blau über.

Braune Diamanten werden etwas schwach violett.

Hiddenit verliert den gelben Stich; er wird mehr rein grasgrün.

Smaragd wird mehr rein grün.

Pyrop wird heller und erhält einen Stich ins Gelbe.

Hyazinth wird braunviolett.

Apatit wird mehr lila, violetter Calcit wird dunkler und trübe.

Blaugrüner Zirkon wird mehr bläulich.

Grüngrauer Zirkon wird etwas mehr grau.

Sehr starke Veränderungen zeigen:

Blauer Saphir von Ceylon wird goldgelb bis braungelb, fast farbloser Saphir wird gelb; daß aber andere Saphire wieder nur wenig verändert werden, wurde bemerkt.

Sehr starke Änderung zeigen Citrin, Rauchtopas und Rosenquarz, und zwar werden diese gleichmäßig braun bis schwarzbraun.

Farblose Topase werden stark orange, ebenso gelbe Topase. Violetter Topas wird orangegelb und intensiver gefärbt.

Kuntzit nimmt die Farbe des Hiddenits an.

Krystalle von Chromalaun zerfallen in lichtviolettes Pulver.

Von Gläsern waren Titanoxydboraxglas wenig grau geworden, Ceroxyd unbedeutend gelb, dagegen chromoxydhaltiges Boraxglas stark schmutzigbraun, manganhältiges graubraun, Titaneisenglas etwas violetter.

Vergleich des Radiums mit den Röntgenstrahlen.

Da ja die Röntgenstrahlen in den Radiumstrahlen als β-Strahlen enthalten sind, so wird die Wirkung beider in bezug auf die Hervorbringung einer bestimmten Färbung oder deren Änderung dieselbe sein; doch können die quantitativen Unterschiede verschieden sein. Es läßt sich nun ein Vergleich

deshalb nicht geben, weil sich ja nur die Resultate der hier angewendeten Röntgenapparate mit jenen des andrerseits verwendeten Gramm Radiumchlorid vergleichen lassen, aber zwischen der Menge der von 1 *g* Radiumchlorid emittierten Strahlen und der aus dem Röntgenapparat entsendeten sich kein Vergleich machen läßt.

Dann darf auch nicht vergessen werden, daß die Expositionszeit bei dem Röntgenapparat nach Stunden zählt, bei der Radiumexposition nach Tagen und Wochen. Immerhin zeigte ein gelber Topas nach Einwirkung von Radium durch 48 Stunden eine ungleich stärkere Wirkung als durch zirka 35 Stunden Röntgenstrahlen. Ebenso war die Wirkung des Radiums auf bläulichen Saphir eine viel intensivere als die gleichzeitige Wirkung von Röntgenstrahlen. Miethe[1] gelang es sogar, in 2 Stunden einen Saphir durch 60 *mg* Radiumbromid gelb zu färben, doch verhalten sich durchaus nicht alle Saphire so.

Nur in den Fällen, wo die Einwirkung von Radium während mehrerer Tage nur geringe Resultate brachte, scheinen dieselben geringen auch von den Röntgenstrahlen in wenigen Stunden zustande zu kommen. So intensive Veränderungen wie die von Topas und Saphir kommen aber durch Röntgenstrahlen mit den hier angewendeten Apparaten überhaupt nicht zustande.

Jedenfalls scheint aber die Schnelligkeit der Einwirkung der Radiumstrahlen von der Menge des angewendeten Radiums abzuhängen.

Was die Röntgenstrahlen anbelangt, so hängt ihre Wirkung von der angewendeten Röhre sehr ab, namentlich ob eine harte oder weiche gebraucht wird, wie ja auch die Durchlässigkeit der Mineralien für Röntgenstrahlen sehr von der Verwendung verschiedener Apparate abhängt.

Die chemische Natur der Edelsteinfärbemittel.

Welches sind nun die Schlüsse, welche wir auf die Natur des Farbstoffes ziehen können, und worin besteht die Wirkung des Radiums?

[1] L. c.

Aus der Einwirkung von Radium allein lassen sich Schlüsse nicht ziehen. Man kann dies nur durch Vergleich der Einwirkung auf Mineralien und chemisch bekannte Gläser und durch Vergleich der Einwirkung des Radiums mit jener der Gase. Daß die Einwirkung der Gase auf die Edelsteinfarben bei gewöhnlicher Temperatur nicht vor sich geht, ist dem Umstand zuzuschreiben, daß diese nicht permeabel sind bei niederer Temperatur; erst beim Erhitzen bis zirka 200 und 300° scheint die Permeabilität einzutreten. Beim Radium sind jedoch die betreffenden Körper auch bei niederster Temperatur permeabel.

Das letzte Wort in der Frage der Edelsteinfarben wird aber doch die spektralanalytische Untersuchung haben.

Ich möchte hier der Behauptung entgegentreten, daß stets Erhitzung allein die Veränderung der Edelsteinfarben hervorbringt. Nicht die Temperatursteigerung bringt die Veränderungen hervor, sondern die Gase; denn nach meinen wie nach den zahlreichen Versuchen von W. Hermann ist die Änderung in verschiedenen Gasen eine ganz verschiedene. Die Erhitzung ist in weitaus den meisten Fällen nur nötig, um die Steine permeabel zu machen.

Vor allem ist aber hervorzuheben, daß die Einwirkung von Gasen, wie Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, bei gleichzeitiger Erhitzung der Steine zumeist, wie die Versuche des Herrn stud. Hermann, die demnächst veröffentlicht werden sollen, beweisen, doch eine viel intensivere als die von Radium ist. Aber es entstehen dabei zumeist andere Farbenwirkungen als bei Röntgen- und Radiumstrahlung und nur in wenigen Fällen ist sie eine gleichmäßige. Insbesondere tritt bei Einwirkung von Sauerstoff nicht die Färbung auf, die mit Radium erzielt wurde. Wir sahen bei manchen das Gegenteil, aber vereinzelt, z. B. bei Saphir und Topas, ist dies auch beim Erhitzen im Stickstoffstrom der Fall.

Man könnte allerdings der Ansicht sein, daß, wenn durch Radium veränderte Steine erhitzt werden, die Farbenänderung wieder verschwinden muß, ohne Rücksicht darauf, ob diese Mineralien in Sauerstoff, Stickstoff oder einem anderen Gase

erhitzt werden, andrerseits lassen sich aber die meisten Veränderungen auch ohne Radium mit jenen Gasen allein erzielen, wovon nur das Dunklerwerden der beiden Quarzvarietäten eine Ausnahme macht. Bei diesen speziell spielt vielleicht die Temperaturerhöhung allein eine Hauptrolle, indem es nicht ausgeschlossen ist, daß der Stoff, welcher durch Radium braun gefärbt wird, verjagt wird beim Erhitzen, oder es tritt Ionisation ein, die nur mit Radium erreichbar ist.

Die Farben des Amethyst, Rauchtopas, Citrin und Rosenquarz.

Zwischen den Farben dieser Quarzvarietäten, die sich ja nur durch die Farbe unterscheiden und sonst ident sind (bis auf den mitunter etwas verschiedenen Krystallhabitus des Amethyst), existiert insofern ein Zusammenhang, als alle vier beim Erhitzen in Gasen sich gleich verhalten; in Sauerstoff werden sie gleichmäßig entfärbt. Nabl[1] fand spektralanalytisch im Amethyst Eisen, während man früher die Färbung der genannten Schmucksteine organischen Substanzen zuschrieb. Kraatz-Koschlau fand auch im Rauchtopas Kohlenwasserstoffe, was aber, wie Weinschenk bemerkt, noch nicht beweist, daß die in demselben enthaltenen Kohlenwasserstoffe die Färbemittel sind; sie dürften ebensogut als Einschlüsse vorkommen.

Durch Radium war Amethyst nicht wesentlich verändert, ebensowenig wie durch Röntgenstrahlen, während er durch Glühen in den verschiedensten Gasen, wie stud. W. Hermann zeigte, entfärbt oder auch gelb wird und bei hoher Temperatur, dunkler Rotglut, zahlreiche feine Risse bekommt und das Aussehen eines Milchopals annimmt.

Dagegen verhalten sich Rosenquarz, Rauchtopas und Citrin bei Radiumbestrahlung qualitativ gleich, quantitativ insofern verschieden, als Rauchtopas die stärkste Färbung, braunschwarz, annimmt; dann folgt Rosenquarz, schließlich Citrin.

Es wurde die Ansicht aufgestellt, daß Rhodaneisen im Amethyst vorhanden sei; mancher rot schimmernde Amethyst

[1] Min.-petr. Mitt., Bd. 19.

erinnert auch an eine Färbung, wie sie eine etwas konzentrierte Lösung von Rhodaneisen zeigt, doch ist in letzterem das Violette nicht vorhanden. Sehr verdünnte Lösungen von Rhodaneisen in Wasser zeigen eine bräunliche Färbung wie der Rauchtopas und bei noch größerer Verdünnung (fünf Tropfen in 500 cm^3 etwa) entsteht eine an Citrin erinnernde gelbe Färbung mit einem Stich ins Orangefarbene.

Aber das sind nur Analogien und bei Amethyst ist der Farbenunterschied gegen die Lösung doch ein beträchtlicher. W. Hermann erhielt im Stickstoffstrom beim Glühen von Amethyst die Citrinfärbung.

Andrerseits ist nicht recht einzusehen, warum beim Erwärmen entfärbter Amethyst, wenn er nur Rhodaneisen enthält, sich wieder durch Radium violett färben sollte; indessen ist es nicht ausgeschlossen, daß auch Rhodaneisen vorhanden sein kann, vielleicht neben einem anderen Farbstoff.

Eine sehr alte Hypothese ist die, daß Amethyst durch Mangan, und zwar durch ein mangansaures Salz gefärbt ist; aber dann wäre das Fehlen des Mangans bei der spektralanalytischen Untersuchung nicht erklärlich. Auch bei den Versuchen von Hermann verhielten sich Mangangläser anders, ebenso wie bei der Einwirkung des Radiums. Berthelot[1] hat neuerdings diese Hypothese wieder aufgestellt, aber seine Schlüsse sind anfechtbar. Wenn Lösungen von einzelnen Mangansalzen sich ähnlich verhalten, so ist der Schluß auf die festen Lösungen (falls solche vorliegen, was noch sehr zweifelhaft ist) nicht gestattet.

Was das Färbungsmittel des gelben Diamanten ist, welches allen Agenzien wiedersteht, läßt sich schwer sagen. Da es auch bei sehr hoher Temperatur nicht verschwindet, so ist keinesfalls organischer Farbstoff in ihm enthalten. Möglich wäre Eisen, auch Cer.

Saphir und Rubin.

In dieser Gruppe bringt die Untersuchung nicht viel Neues, da die Gelbfärbung blauer und weißer Saphire bereits durch

[1] L. c.

Miethe und Bordas bekannt wurde. Bemerkenswert ist aber das Resultat, daß sich die Saphire so verschieden verhalten, indem einzelne rasch gelb werden, andere erst durch lange Einwirkung blaßblau werden. Miethe meint, daß nur die Saphire von Birma unverändert blau bleiben. Dies scheint jedoch nicht der Fall zu sein, da auch Ceyloner Saphire sich so verhalten, wie auch die Saphire der Iserwiese, d. h. sie werden nur blässer. Der Schluß, den Bordas gezogen hat, daß alle blauen Saphire gelb werden, ist demnach nicht richtig. Es scheint also, daß bei Saphiren das Färbemittel nicht immer dasselbe ist; die schwarzblauen Saphire enthalten vielleicht noch einen zweiten färbenden Bestandteil, den die helleren Ceylonsaphire nicht haben.

Aber auch nicht allein Saphire von Birma werden nicht gelb, wie Miethe meint, sondern auch solche anderer Fundorte, darunter solche von Ceylon. Allerdings sind nicht alle Fundorte kontrollierbar, aber gerade die Ceyloner sind durch ihren Krystallhabitus leicht erkennbar.

Der Farbstoff des Rubins ist wahrscheinlich Chrom, doch ist die Möglichkeit, daß etwas Eisen außerdem vorhanden ist, nicht ausgeschlossen. Ebenso dürfte im gelben Korund Chrom wesentlichen Anteil an der Färbung haben, wie auch im grünen.

Was den Saphir anbelangt, so dürfte zwar Chrom auch vorhanden sein; es ist aber nicht unmöglich, daß außerdem noch ein zweiter Bestandteil an der Färbung teilnimmt.

Von technischem Interesse wäre es, wenn es sich durch weitere Versuche bestätigen würde, daß die natürlichen Rubine sich mehr unter der Einwirkung von Radiumstrahlen ändern wie die künstlichen, was für den Frémy'schen Rubin der Fall ist, weil dann ein Unterscheidungsmittel vorliegen würde; dagegen wird Frémy'scher Rubin im Stickstoffstrom heller.

Farbstoff des Topas.

Es ist kaum wahrscheinlich, daß die frühere Annahme, daß Topas organischen Farbstoff besitzt, richtig sei; jedenfalls ist, wie die Versuche mit Gasen und mit Radium zeigen, ein anorganischer Farbstoff vorhanden, der wohl auch im farblosen vorkommt. Vielleicht liegt hier der Fall vor (und auch für andere

Edelsteine, Saphir, Quarz, ist dies nicht unmöglich), daß zweierlei Stoffe vorliegen, ein in der Hitze verschwindender, vielleicht organischer, der durch den zweiten Farbebestandteil neutralisiert wird. Solche Neutralisation scheint durch die erwähnten Versuche Hermann's in einigen Fällen wahrscheinlich. Wird nämlich durch Erhitzen der organische Farbstoff entfernt, so bleibt dann die Farbe des zweiten anorganischen Färbungsmittels zurück.

Ich beabsichtige, diese Untersuchungen mit Radium fortzusetzen.

Über die elektrische Leitfähigkeit fester Silikate

von

C. Doelter,

k. M. k. Akad.

(Mit 11 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juli 1908.)

Im folgenden wird über Versuche berichtet, welche ich an festen, krystallisierten Silikaten ausgeführt habe. Der kaiserl. Akademie bin ich für die mir gewährte Subvention zur Ausführung dieser Arbeiten zu Dank verpflichtet.

Die Versuche verfolgten den Zweck, die Temperaturen zu bestimmen, bei welchen Polarisation in festen Silikaten auftritt. Dazu wurden sprungfreie Platten ohne Einschlüsse, namentlich frei von Flüssigkeiten, die vorher mikroskopisch untersucht worden waren, beschafft. Solche Platten sind sehr schwierig zu erhalten, auch stört die Spaltbarkeit insofern, als Platten, die Spaltrisse haben, naturgemäß einen viel höheren Widerstand zeigen werden als körnig-krystallinische Massen, wie sie früher untersucht wurden.

Da bei den untersuchten Krystallen die Leitfähigkeit erst bei höherer Temperatur, etwa 700 bis 900°, eintritt, so ist dadurch auch der Beweis erbracht, daß Flüssigkeitseinschlüsse oder solche anderer Art, die eine große Leitfähigkeit hervorbringen müßten, nicht vorhanden waren.

Untersucht wurden Quarz, Adular, Hornblende, Glimmer, Diopsid, Muskovit und Quarzglas. Von der Hornblende war eine größere Zahl von Platten zur Untersuchung hergestellt

worden, insbesondere Barkevikit, Arfvedsonit, also Na-Hornblenden, aber dieselben erwiesen sich zumeist als nicht brauchbar, da infolge der großen Spaltfähigkeit die Platten zerbrachen oder sofort zersprangen. Die zur Untersuchung geeigneten Objekte sind daher leider nur auf wenige beschränkt.

Die Platten, welche bei den Versuchen angewendet wurden, hatten eine Dicke von 1 *mm* und Quadratform mit 10 *mm* Seitenlänge.

Die Disposition des Apparates ist eine ähnliche wie bei den früheren Untersuchungen. Der Krystall befindet sich zwischen den Platinelektroden im elektrischen Ofen und steht einerseits mit einer Meßbrücke in Verbindung, mit welcher der durch ein Induktorium erzeugte Wechselstrom die Messung des Widerstandes gestattet, andrerseits kann nach Abstellung des Wechselstromes durch eine Wippe die Verbindung mit einem Akkumulator oder auch mit dem Straßenstrom (Gleichstrom von 220 Volt) hergestellt werden und derart der durch einen Widerstand regulierbare Gleichstrom durch den Krystall geschickt und dieser geladen werden. Bei der Entladung wird der Krystall mit einem im Nebenschluß dieser Leitung befindlichen d'Arsonval'schen Spiegelgalvanometer verbunden, auf welchem der Polarisationsausschlag ablesbar ist. Die Ladung durch den Gleichstrom erfolgt durch 10 Minuten (oft auch länger). Die Messung der Stärke des Ladungsstromes wird an einem Milliamperemeter von Siemens & Halske abgelesen. Von großer Wichtigkeit ist der Kontakt. Um guten Kontakt zu erhalten, ist es zweckmäßig, die Krystallplatten zu vergolden. Bei höheren Temperaturen, über 1060°, wird allerdings das Gold abschmelzen, was aber, wie die Erfahrung zeigte, kein Hindernis ist, da das Gold ja nur in minimalster Menge vorhanden ist und daher auf das Platin keine Wirkung ausübt.

Die Elektroden sind aus Platin und waren zuerst keilförmig, oben 1 *mm* dick, unten $^1/_2$ *mm*. Sie haben einen quadratischen Umriß, entsprechend 1 cm^2. Im Verlaufe wurde die Keilform nicht mehr angewendet, sondern solche Elektroden, die parallele Flächen haben; die erwähnte Keilform sollte den Zweck haben, das Pressen durch Glimmerplättchen kräftiger zu machen, doch erwies sich dies nicht als nötig.

Die Platinelektroden zeigten eine vollkommen ebene Fläche, was zu einem guten Kontakt notwendig erscheint; für Versuche, bei denen die Temperatur nicht über 1050° gesteigert wurde, waren die Elektroden überdies auch vergoldet worden. Im übrigen haben die Elektroden dieselbe Form wie die in meiner Mitteilung II angewandten.

Große Schwierigkeiten bereitete die Herstellung eines richtigen Kontaktes; es wurde versucht, durch Platindraht oder Stahldraht die Elektroden, die durch Glimmerplatten von diesem isoliert waren, zu verbinden, doch war das Resultat kein gerade günstiges. Beim Einklemmen in eine Schraube verbiegen sich die Platinplatten leicht und sind dann für einen zweiten Versuch nicht brauchbar. Ich habe daher folgende Vorrichtung angenommen, die sich bewährt hat.

Es wurden parallelopipedische Klötzchen, 32 *mm* lang, 17 *mm* breit und ebenso hoch, hergestellt, und zwar aus Kaolin. Diese Klötzchen haben einen Einschnitt, in welchen die Elektroden hineinpassen und welcher den Dimensionen dieser genau entspricht; seine Breite ist zirka 3 *mm*, was der Dicke der Elektroden plus der der Platte gleichkommt. Es wird jedoch durch eine Feile die Breite etwas vergrößert, und zwar so weit, damit zwischen die Elektroden und die Kaolinmasse Glimmerplättchen fest eingezwängt werden können. Der Kontakt entsteht bei Temperaturerhöhung von selbst durch die Ausdehnung der Platinplatten, welche durch den Glimmer an die Krystallplatte stärker gepreßt werden. In der Tat ist schon bei 600° ein sehr guter Kontakt vorhanden. Bei 1100° fängt der Glimmer zu schmelzen an, wodurch der Kontakt infolge des Druckes, den der geschmolzene Glimmer ausübt, noch besser wird.

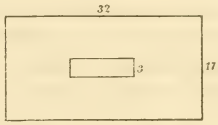


Fig. 1.

Daß der Kontakt mit zunehmender Temperatur besser wird, zeigt sich bei der Abkühlung der auf 1200 bis 1300° erhitzten Platten; man erhält bei der Abkühlung kleinere Werte des Widerstandes als bei der Erhitzung; allerdings ist hier auch noch ein Umstand zu berücksichtigen, den ich besprechen will:

Die Temperaturmessung erfolgt durch ein in einem Schutzrohr befindliches Thermoelement, wobei das Schutzrohr direkt auf dem Kaolinklotz aufliegt; trotzdem stellt sich naturgemäß das Gleichgewicht nicht sofort ein, so daß die Temperaturmessung nicht genau die Temperatur der Platte gibt, insbesondere wird bei der Abkühlung der Krystall eine höhere Temperatur haben als das Thermoelement anzeigt; man müßte, um das zu vermeiden, die Schmelze ungemein langsam abkühlen.

Messung des Polarisationsstromes.

Anfangs wurden die Polarisationsversuche durch Ladung mit einem Akkumulator ausgeführt, da aber der Polarisationsstrom bei nicht sehr hohen Temperaturen äußerst schwach ist, so war es wünschenswert, stärkere Ladungsströme zu verwenden und wurde daher der Straßenstrom genommen, welcher durch einen Metallwiderstand und außerdem durch zwei Glühlampen hindurchging; die Spannung konnte reguliert werden und betrug 140 bis 190 Volt bei zirka 6 bis 8 Ampere. Da der Widerstand der Platte 10.000 bis 15.000 Ohm betrug, so ergab das Amperemeter für den Ladungsstrom als Stromstärke zumeist nur 0·5 bis 2 Milliampere.

Der Ausschlag des im Nebenschluß befindlichen d'Arsonval-Galvanometers war, wie zu erwarten, nur bei sehr hohen Temperaturen ein bedeutender, zumeist handelte es sich nur um einige Millimeter, so daß Polarisationsströme von etwa 10^{-5} bis 10^{-6} Ampere vorlagen; eine Berechnung wurde bei solchen kleinen Ausschlägen nicht durchgeführt, da die Genauigkeit der Messung doch zu gering ist.

Messung der Widerstände.

Die Messung der Widerstände der Krystallplatten bei verschiedenen Temperaturen wurde durch Wechselstrom bewerkstelligt, wie bei den früheren Untersuchungen.

Sehr großen Wert darf man auf die Genauigkeit der Messungen nicht legen, denn es hat sich schon aus den früheren Arbeiten gezeigt, daß im festen Zustand auch bei krystallinisch

körnigen Massen die Versuche niemals ganz übereinstimmen, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß Temperaturunterschiede von 10° schon große Unterschiede in den Widerständen entsprechen. Es ist aber nicht möglich, nach der Anordnung der Versuche diesem Übelstand zu begegnen, besonders weil das Thermoelement in einem Schutzrohr sich befinden muß und nicht direkt an die zwischen den Elektroden sich befindliche Platte anliegen kann; es gelingt also nicht, die Temperaturmessung genauer zu gestalten. Dann spielt jedenfalls auch der mehr oder weniger gute Kontakt eine Rolle. Bei sehr hohen Temperaturen ist die Übereinstimmung eine bessere, offenbar weil der Kontakt auch sehr gut ist.

Adular vom St. Gotthard.

Die Methode war dieselbe wie früher.[1] Schon bei 850° wird Leitfähigkeit bemerkt, doch sind die Zahlen für den Widerstand riesige (siehe auch Fig. 2)

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
942°	90000	
985	61420	
1035	31660	
1083	13090	Erster Versuch auf Polarisation.
1100	8832	
1127	5927	Zweiter Versuch auf Polarisation.
1133	3736	

Abkühlung des Adulars.

Wie in den meisten Fällen sind die bei der Abkühlung erhaltenen Werte des Widerstandes etwas geringer als bei der Erhitzung, dabei darf aber nicht vergessen werden, daß die

[1] Diese Sitzungsberichte, Abt. I, Bd. 117 (1907).

Abkühlung weit schneller vor sich geht als die Erhitzung und daher die angezeigte Temperatur im Gegensatz zu jener bei der Erhitzung zu niedrig, da die Substanz infolge ihrer geringen Wärmeleitungsfähigkeit nicht so schnell die Temperatur des Ofens, welche das Thermoelement anzeigt, annehmen kann.

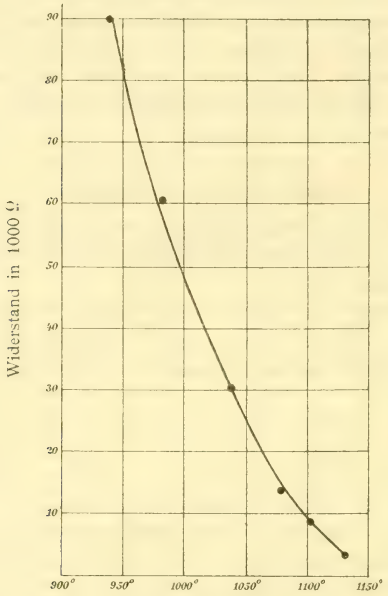


Fig. 2. **Adular.**

Läßt man beim Erhitzen die Temperatur konstant, so wird der Widerstand geringer.

Indem ich noch auf die p. 848 angegebenen Ausführungen verweise, gebe ich die bei der Abkühlung erhaltenen Zahlen. Daß man hier erst bei tieferer Temperatur zu der Leitfähigkeitsgrenze gelangt, ist aber zum Teil dem Umstand zuzuschreiben, daß der Kontakt durch das Erhitzen ein besserer war (siehe auch Fig. 3).

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
1050°	7368	
1010	7152	
980	9800	
960	13256	
930	18169	
900	30000	
860	40000	
755	115000	
740	212000	

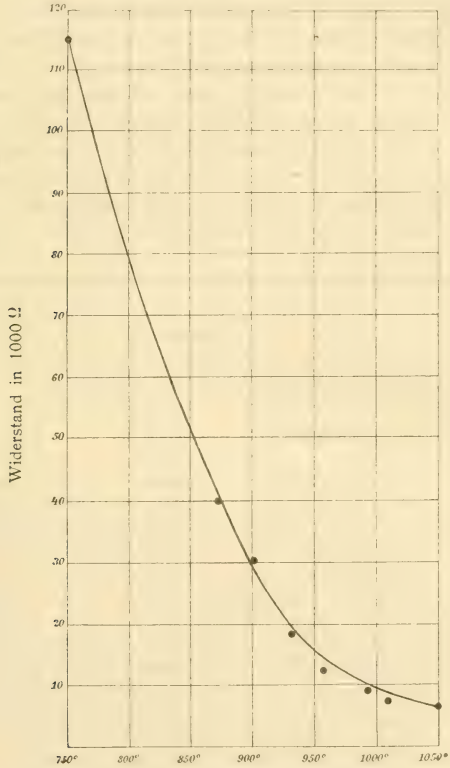


Fig. 3. **Abkühlung des Adulars.**

Polarisation.

Es wurde auch hier der Straßenstrom angewendet; der Strom, welcher durch die Platte bei der Ladung geht, zeigt aber wegen der hohen Widerstände um höchstens 1 Milliampere mehr Ausschlag am Amperemeter als bei der Anwendung des Akkumulators.

Bei 1070° ergab sich ein Ausschlag von 10 *mm*, von welchem zirka 4 *mm* Thermostrom ist, also immerhin ein, wenn auch nicht meßbarer, Polarisationsstrom.

Bei 1125° war der Ausschlag nach Abzug des Thermostromes nicht viel größer; der erste Ausschlag war 8 *mm*, davon ist der Thermostrom mit 3 *mm* abzuziehen.

Demnach tritt bei diesem Mineral, welches zwischen 1180 bis 1250° schmilzt, schon bei 1070° Polarisation ein.

Es möge noch die in meiner Mitteilung II gegebene Darstellung als logarithmische Funktion des Widerstandes von T nach der Formel von E. Rasch und Hinrichsen[1] gegeben werden (hierzu die graphische Darstellung Fig. 4):

T absolute Temperatur	$\frac{1}{T}$	W Widerstand	log W
1215°	0·0008230	90000	4·9542
1258	0·0007949	61430	4·7884
1308	0·0007645	31670	4·5007
1356	0·0007375	13095	4·1171
1373	0·0007283	8832	3·9461
1406	0·0007112	3736	3·5724

[1] Zeitschrift für Elektrochemie, *14*, 1908.

Auch hier zeigt sich im Ganzen und Großen eine gerade Linie, doch sind die Abweichungen oft größere als bei der Untersuchung von erstarrten Schmelzen; ferner zeigt sich auch

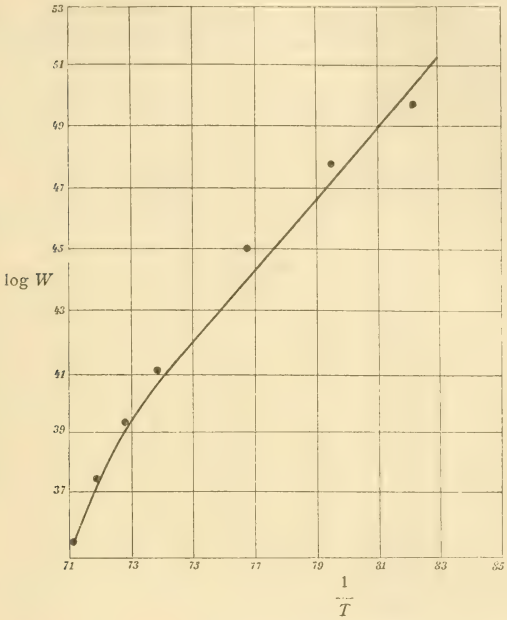


Fig. 4. **Adular.**

hier bei der Nähe des Schmelzpunktes eine Krümmung der Linie, was auch seinerzeit[1] von mir hervorgehoben wurde.

Diopsid I.

Ein etwas grünlich gefärbter Diopsid aus Ala war nach der Fläche 100 geschnitten worden, die Platte zeigt zahlreiche feine Spaltrisse; zu besserem Kontakt wurde sie vergoldet. Die Leitfähigkeit begann bei zirka 900°. Bei 985° war der Widerstand

[1] Diese Sitzungsber., 1907, Bd. 116, Abt. I.

61420 und bei dieser Temperatur wurde eine Messung des Polarisationsstromes durchgeführt; es wurde durch 15 Minuten mit einem Akkumulator geladen, dann mit dem Galvanometer die Verbindung hergestellt.

Es ergab sich bei dieser Temperatur keine Spur von Polarisation, wie doch bei dem enormen Widerstande zu erwarten war.

Bei der Abkühlung ergaben sich folgende Zahlen (siehe auch Fig. 5):

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
1060°	34014	Unscharfe Messung.
1020	50060	
960	66923	
930	77719	
890	123330	
850	151290	
825	253160	
810	275710	
800	284070	
760	390000	
740	990000 (?)	

Unter dieser Temperatur ergab sich keine Leitfähigkeit mehr.

Hierbei ist zu bemerken, daß beim Erhitzen die Leitfähigkeit erst bei 900° begann, während sie beim Abkühlen bis 740° bemerkbar blieb; zum Teil ist hier der Umstand maßgebend, daß die Abkühlung rascher vor sich ging als die Erhitzung, da bei rascherer Abkühlung (zirka 3 Viertelstunden) von 1060 bis 700° das Gleichgewicht sich nicht einstellt, dann aber ist es von Bedeutung, daß der Kontakt durch hohe Temperatur ein

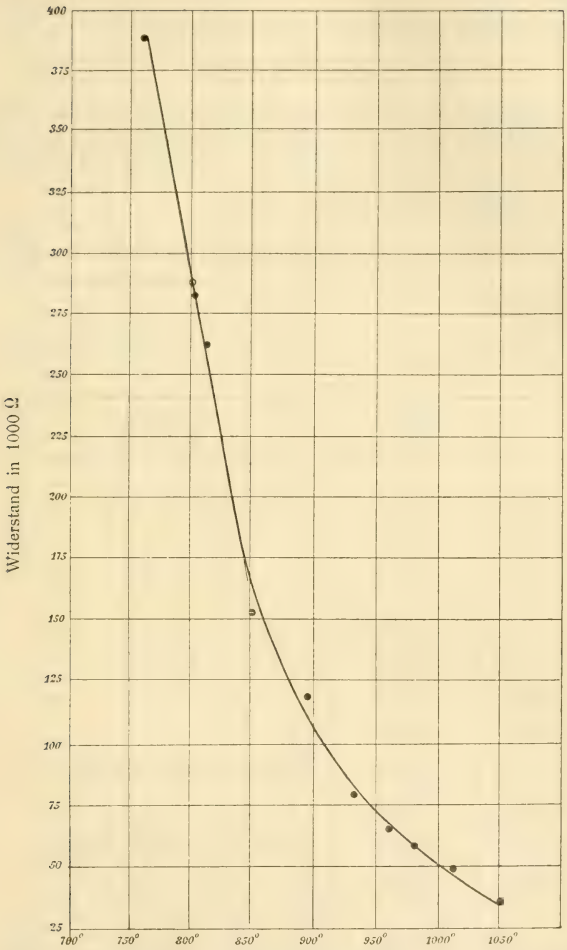


Fig. 5. **Diopsid I.**

besserer wird. Die Erscheinung, daß der Beginn der Leitfähigkeit beim Erhitzen höher gelegen ist als beim Abkühlen,

trat bei allen Versuchen ein und dürfte auf diese Umstände zurückzuführen sein.

Zweiter Versuch.

Dieselbe Platte wurde nochmals untersucht. Die Leitfähigkeit trat bei 860° ein, also nicht viel verschieden wie bei dem ersten Versuch. Der Unterschied von 40° dürfte auf besseren Kontakt zurückzuführen sein.

Bei diesem Versuch wurde auf eine viel höhere Temperatur erhitzt, um den Polarisationsbeginn, also die Temperatur, bei welcher sich zuerst ein Polarisationsstrom zeigt, festzustellen.

Die Zahlen, welche mit Wechselstrom erhalten wurden, sind folgende (siehe auch Fig. 6):

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
810°	∞	Keine Leitfähigkeit.
860	171820	
930	123330	
960	85238	
1040	51728	
1080	38780	
1110	30000	
1140	21056	Erster Versuch auf Polarisation.
1210	15000	
1225	10833	Zweiter Versuch auf Polarisation.
1265	7500	

Während bis 950° keine Spur von Polarisation zu beobachten war, ist bei 1140° ein (allerdings schwacher) Polarisationsstrom merklich, es war eine Verschiebung von 10 *mm* am Galvanometer zu beobachten, nachdem ein Strom, aus einem

Akkumulator herrührend, durch 10 Minuten durchgeleitet worden war. Nach 3 Minuten war der Ausschlag von 6 *mm* auf 3·5 *mm* herabgegangen, das wäre der Betrag des gleichzeitig

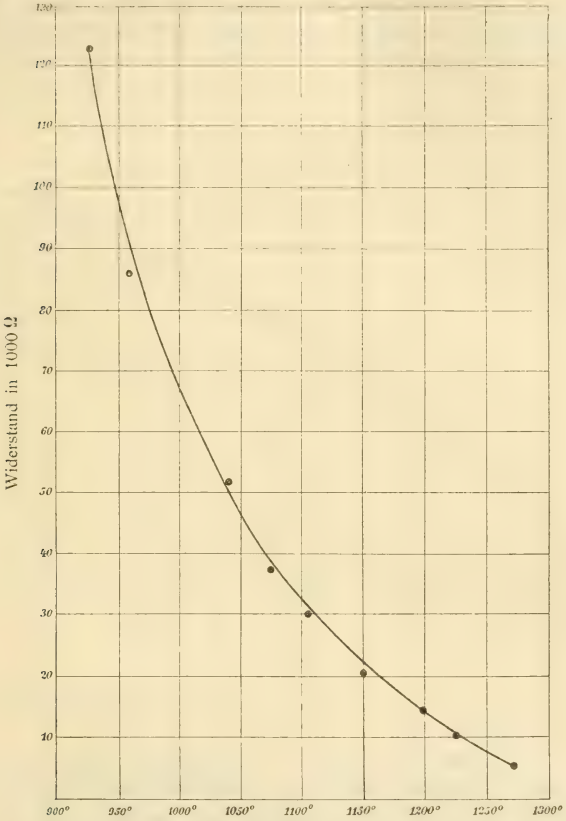


Fig. 6. **Diopsid I** *a*.

vorhandenen Thermostromes. Eine Berechnung der elektromotorischen Kraft war jedoch überflüssig, da der Betrag so gering ist, daß die Fehler bei der Berechnung zu bedeutend sind. Allerdings war der durchgeleitete Strom infolge des

Widerstandes von 21036, den die Platte zeigt, von so geringer Spannung, daß i dadurch so geringfügig wird.

Der zweite Versuch wurde bis 1225° ausgeführt, auch hier ist der Widerstand der Platte noch über 10000 Ω und daher i so gering, daß eine Berechnung nicht durchführbar ist, doch war der Ausschlag hier schon etwas größer, nämlich

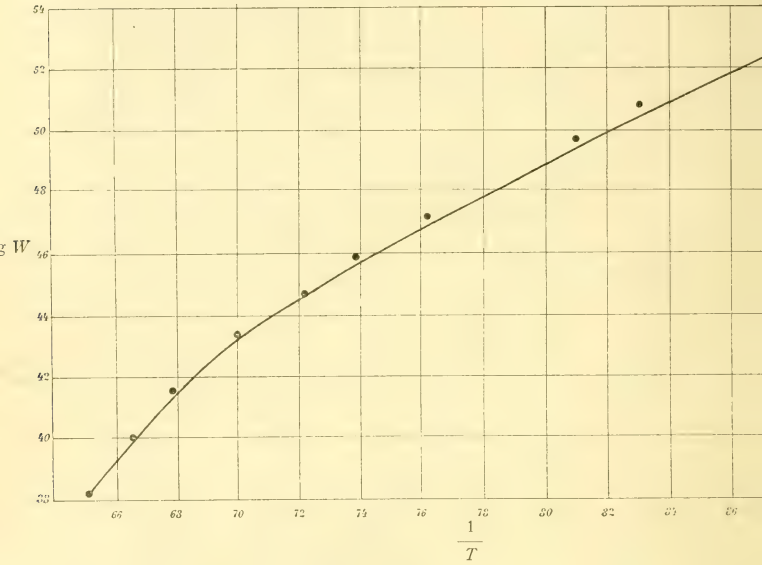


Fig. 7.

10 *mm*, welcher nach 3 Minuten auf 2·5 *mm*, den Wert des Thermostromes, fällt.

Von Wichtigkeit ist aber die sichergestellte Tatsache, daß bei 1150° Polarisationsstrom beobachtet wird; da dieser Diopsid in seiner chemischen Zusammensetzung ungefähr dem nach einer anderen Methode an erstarrter Schmelze früher untersuchten[1] Diopsid entspricht, dieser einen Schmelzpunkt von 1330 bis 1360° hat, so tritt also schon 210° (vielleicht sogar ist

[1] Diese Sitzungsber., 1908, p. 116.

dieser Betrag um etliche 10° zu erhöhen) unter dem Schmelzpunkt Polarisation ein. Bei den früheren Versuchen mit krystallinisch erstarrten Schmelzen[1] trat Polarisation erst bei höherer Temperatur ein.

Wenn wir bei Diopsid die in der zweiten Mitteilung über Silikatschmelzen ausgeführte Darstellung der logarithmischen Funktion des Widerstandes nach der von E. Rasch und Hinrichsen aufgestellten Formel

$$\log W = -\frac{v}{T} + C$$

durchführen, so ergeben sich folgende Zahlen (siehe auch Fig. 7):

T gemessene Temperatur	$T+273$	$\frac{1}{T+273}$	W Widerstand	$\log W$
860°	1183	0·0008826	171820	5·2350
930	1203	0·0008312	123330	5·0920
960	1233	0·0008110	85238	4·9306
1040	1313	0·0007616	51728	4·7137
1080	1352	0·0007391	38780	4·5886
1120	1383	0·0007231	30000	4·4771
1150	1423	0·0007027	21056	4·3233
1200	1473	0·0006789	15000	4·1761
1225	1498	0·0006675	10408	4·0174
1260	1533	0·0006523	6600	3·8195

Diopsid II.

Es handelte sich hier um eine zweite, fast farblose Diopsidplatte, die von der ersten der chemischen Zusammensetzung nach etwas verschieden, nämlich eisenärmer, wie auch dem Fundorte nach, da es sich hier um eine Platte aus dem Zillertal handelte. Die Werte sind aber weniger wichtig, weil

[1] L. c.

die Platte gesprungen war; sie sind etwas höher als für den Diopsid I (siehe auch Fig. 8).

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
990°	260000	
1050	175000	Erster Versuch auf Polarisation.
1090	80000	
1115	48000	Zweite Polarisationsmessung.
1155	35000	
1180	25000	
1210	20000	
1225	12700	
1260	9190	
1310	4700	Dritter Versuch.

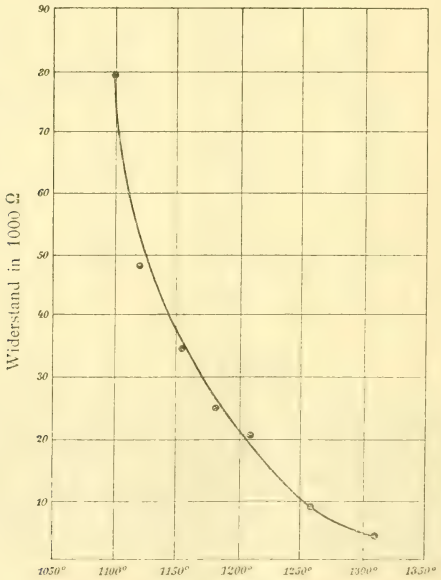


Fig. 8. Diopsid II.

Bei der Abkühlung ergab sich noch bei 840° Leitfähigkeit, doch ist der Widerstand sehr groß, 406600 Ω. Die Werte bei der Abkühlung, die hier etwas rascher folgte, sind etwas niedrigere als beim Erhitzen.

Polarisation.

Der erste Versuch wurde bei 1020° ausgeführt, und zwar unter Anwendung eines vom Straßenstrom mit 150 Volt Spannung herrührenden Ladungsstromes, welcher im Amperemeter eine Stärke von $^1/_2$ Milliampere zeigte. Es war nur eine Spur von Polarisation, nämlich zirka 10 *mm* Ausschlag, zu konstatieren; außerdem ergab sich ein Thermostrom, der einen Ausschlag von 6 *mm* hervorbringt, und es verblieben sonach für den Polarisationsstrom nur 4 *mm*.

Beim zweiten Versuch war die Spannung des Stromes 150 Volt, am Amperemeter wurde ein Ausschlag von 0·6 Milliampere abgelesen. Temperatur 1130°, Ausschlag 1·2, wovon 0·6 *mm* auf den Thermostrom fallen und abzuziehen sind.

Bei 1280° erfolgte der dritte Versuch bei einem Strome von 190 Volt; am Amperemeter wird 1·6 Milliampere abgelesen. Polarisationsausschlag 12 *mm*, außerdem ein Thermostrom, der einen konstant bleibenden Ausschlag von 2·5 *mm* gibt. Ladungsdauer 10 Minuten bei allen drei Versuchen.

Sehr auffallend sind die hohen Werte des Widerstandes gegenüber den früheren Versuchen.[1] Auf die Versuche mit Pulver wurde kein Wert gelegt, da sie ja nicht genau sein können, indessen weichen diese Werte von den für Krystallplatten erhaltenen nicht so erheblich ab als die, welche ich seinerzeit für die Leitfähigkeit aus Schmelzfluß erstarrter krystallinischer Massen erhielt. Nun ist allerdings die Genauigkeit bei der Untersuchung von Krystallplatten von 1 *mm* eine geringere als bei größerer Dicke der Masse (24 *mm*). Es wurde ja auch bei früheren Versuchen mit krystallinischen Massen

[1] Diese Sitzungsber., Mitteilung II, Bd. 116, 1908.

die Erfahrung gemacht, daß die Zahlen nie ganz übereinstimmten; die Ursache war wohl in der verschiedenen Korngröße und insbesondere an dem Gehalt an Glas gelegen, der oft ganz minimal, manchmal aber doch merklich war; der Gehalt an Glas beeinflußt selbst in kleinen Mengen stark die Leitfähigkeit. Die Zahlen waren bei jenen Versuchen auch nur in der Nähe des Schmelzpunktes übereinstimmende.

Im allgemeinen sind aber die bei Krystallplatten erhaltenen Zahlen ungemein hohe im Vergleich mit den bei erstarrten Schmelzmassen erhaltenen. Obgleich der Kontakt der Elektroden ein sehr guter schien, kann er doch nicht so vollkommen sein wie bei der ersten Methode und daher auch die höheren Zahlen für die Widerstände wenigstens zum Teil verursachen, aber es kann dies allein kaum der Grund für die Verschiedenheit sein. Auch die geringere Genauigkeit bei einem Elektrodenabstand von nur 1 *mm* erklärt dies nicht genügend.

Es dürfte wohl der konstant höhere Widerstand der Krystallplatten darauf zurückzuführen sein, daß in Krystallen doch Luftschichten vorhanden sind, welche die Leitfähigkeit verringern, während in der erstarrten Schmelzmasse die Glaseinschlüsse im Gegenteil die Leitfähigkeit vermehren, es ist eben hier die Spaltbarkeit zu berücksichtigen und gerade beim Diopsid zeigte der Querschnitt der Platten zahlreiche parallele Spaltrisse; diese müssen den Widerstand bedeutend erhöhen.

Quarz.

Eine von Dr. Steg und Reuter in Homburg bezogene Quarzplatte, parallel zur Achse geschliffen, zeigte bei niederen Temperaturen keine Spur von Leitfähigkeit. Erst bei zirka 880° war ein Beginn zu bemerken. Die Temperatur wurde bis 1320° gesteigert. Der Schmelzpunkt des Quarzes liegt bei zirka 1625 bis 1650°, wenn man das Mittel der stark differenzierenden Angaben nimmt; damit ist der Punkt gemeint, bei welchem der Quarz flüssig wird; er wird jedoch schon viel früher zähe und der Schmelzbeginn dürfte beträchtlich unter 1600° liegen.

Die Zahlen sind folgende (siehe auch Fig. 9):

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
930°	101110	
1030	56667	
1125	21847	Erster Versuch auf Polarisation.
1150	16596	
1200	9417	Zweite Polarisationsmessung.
1230	7543	
1260	5748	
1300	4900	Dritte Polarisationsmessung.
1310	4084	

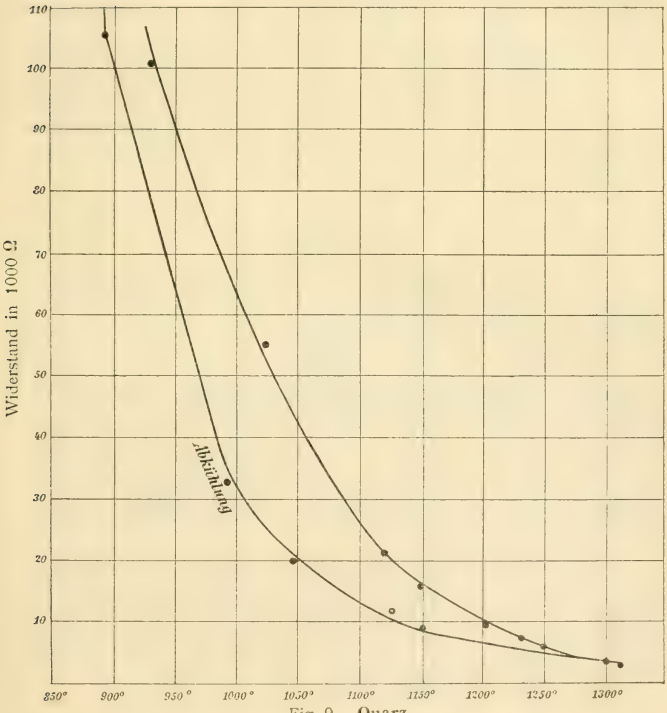


Fig. 9. **Quarz.**

Bei der Abkühlung ergaben sich folgende Zahlen:

Temperatur	Widerstand
1305°	4084
1150	8726
1120	12222
1045	19412
980	33478
880	107650
850	171820

Vergleicht man diese Versuchsreihe mit der früheren, so tritt bei den höheren Zahlen, wenn man die Schwierigkeit berücksichtigt, die Temperatur richtig zu messen, und auch den Umstand, daß die verschiedene Schnelligkeit der Temperaturzunahme maßgebend ist, eine ziemliche Übereinstimmung ein. Im Anfang der Erhitzung, also bei niederen Temperaturen, ist die Übereinstimmung weniger gut, was dadurch zu erklären ist, daß der Kontakt erst bei etwas höherer Temperatur ein sehr guter wird, demnach also sind die Werte beim ersten Erhitzen jedenfalls etwas zu hohe gewesen.

Polarisation.

Der erste Versuch bei 1125° ergab nahezu keinen Ausschlag nach Durchleiten eines von einem Akkumulator herrührenden Stromes durch 10 Minuten.

Bei 1200° war jedoch schon ein Ausschlag von 10 *mm* unter denselben Bedingungen zustande gekommen; die elektromotorische Kraft, die sich hieraus berechnet, war allerdings eine minimale zwischen 10^{-5} bis 10^{-6} Ampere, aber immerhin ist es wichtig, zu konstatieren, daß bei dieser in Anbetracht des hohen Schmelzpunktes des Quarzes verhältnismäßig niederen Temperatur Polarisation auftrat.

Bei dem dritten Versuch war der Strom aus dem Akkumulator während 30 Minuten durch die Schmelze geschickt worden und es ergab sich ein Ausschlag von 12 *mm*, welcher nach 3 Minuten auf 2·5 *mm* sich reduziert und welcher den Anteil des Thermostromes angibt.

Die Berechnung als logarithmische Funktion ergibt auch hier nahezu eine gerade Linie. Die Zahlen sind nach der Berechnung des Dr. V. Hess folgende (siehe auch Fig. 10):

T gemessen	$T+273$ absolute Temperatur	$\frac{1}{T+273}$	W Widerstand	log W
930°	1203	0·0008304	101100	5·0048
1030	1303	0·0007674	56667	4·7533
1120	1393	0·0007179	21847	4·3394
1150	1423	0·0007027	16596	4·2200
1200	1473	0·0006789	9417	3·9734
1230	1503	0·0006653	7543	3·8775
1300	1573	0·0006357	4900	3·6902
1315	1588	0 0006297	4084	3·6111

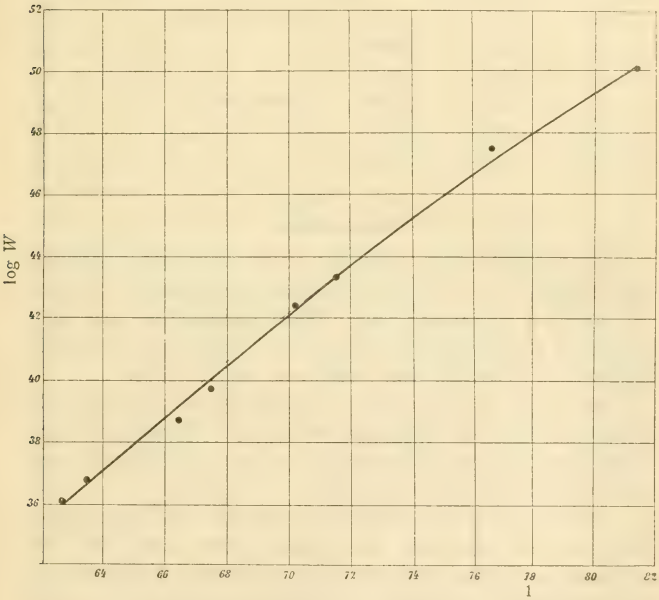


Fig. 10. Quarz.

Zweiter Versuch mit Quarz.

Dieselbe Quarzplatte wurde nochmals der Untersuchung unterworfen. Die Zahlen sind:

Zeit	Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
3h 45m	900°	∞	
4 —	890	171800	
4 5	930	115000	
4 25	995	44500	
4 45	1020	36512	Erster Polarisationsversuch.
4 50	1040	33470	
4 55	1040	31660	
5 10	1070	23390	
5 15	1100	18980	
5 25	1140	11970	Zweiter Versuch.
5 45	1190	10830	
5 55	1250	6940	
5 57	1280	6390	Dritter Versuch.
6 5	1390	3220	
6 15	1400	3150	

Polarisation.

Der erste Versuch ergab bei 1010° einen sehr geringen Ausschlag; es war dabei der Straßenstrom verwendet worden, der 150 Volt Spannung hatte; der Ladungsstrom war entsprechend dem großen Widerstand von 36510 Ω nur 0·5 Milliampere. Der Ausschlag war 6 *mm*, also ein minimaler.

Bei 1140° war bei derselben Spannung von 150 Volt des Straßenstromes der Ladungsstrom = 0·8 Milliampere. Der Galvanometerausschlag war wieder nur minimal, nämlich 6 *mm* (nach Abzug des Thermostromes).

Der dritte und letzte Versuch wurde bei 1280° ausgeführt. Hier war die Spannung des Straßenstromes 190 Volt. Am Amperemeter wurde für den Ladungsstrom 1·6 Milliampere abgelesen. Der Ausschlag am Spiegelgalvanometer betrug

25 *mm*, welcher nach 5 Minuten auf 12 *mm* zurückging; demnach wäre der Polarisationsausschlag 13 *mm*, der restliche Ausschlag ist durch einen Thermostrom verursacht. Bei dieser Temperatur ist also der Ausschlag schon recht merklich.

Es tritt nun die Frage auf, ob das Auftreten der Polarisation schon bei 1000° bei Quarz parallel der Achse eine Folge des von Warburg und Tegetmeyer im Quarz nachgewiesenen Natriumsilikats ist, dieselben hatten ja schon bei viel niedereren Temperaturen als ich Polarisation beobachtet.

In Anbetracht des hohen Schmelzpunktes des Quarzes ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch bei Platten parallel der Achse das der Quarzsubstanz beigemengte Natriumsilikat einen Einfluß ausübt, dies um so mehr, als wir später noch das überraschende Resultat zu verzeichnen haben, daß Quarzglas weniger leitet als dieser krystallisierte Quarz.

Durch die Untersuchungen von Warburg und Tegetmeyer[1] ist festgestellt, daß Platten, senkrecht zur Achse geschnitten, schon bei der niederen Temperatur von 244° starke Leitfähigkeit zeigen. Obgleich die Ansichten über die Ursache dieser Leitfähigkeit geteilt sind, so gehen doch alle diese dahin, daß nicht die Substanz des Quarzes (SiO_2), sondern in geringen Mengen denselben beigemengtes Natriumsilikat die Leitfähigkeit bewirkt. J. Curie[2] glaubte, daß es feine Kanäle in der Richtung der Hauptachse sind, in welchen die Flüssigkeit vorhanden ist, welcher Ansicht auch Beckenkamp[3] beipflichtet. Dem wird jedoch von Warburg und Tegetmeyer widersprochen, obgleich dieselben nachweisen, daß Quarzplatten parallel zur Achse die Leitfähigkeit nicht zeigen. Es gelang ihnen die Elektrolyse bei Platten senkrecht zur Hauptachse, wie auch der Ersatz des Natriums des Natriumsilikats durch Lithium; nach ihrer Ansicht ist das Natriumsilikat als feste Lösung anzusehen. Die von ihnen durchgeführten Versuche machen es wahrscheinlich, daß nicht eine Flüssigkeit vorliegt, sondern daß das Metall elektrolytisch wandert.

---

[1] Ann. der Physik, 1887, *32*; 1888, *35*; 1890, *41*.

[2] Lumière electrique, *28*, 1888; siehe auch R. Lorenz, II, 235.

[3] Beckenkamp, Zeitschrift für Krystallographie, *15*, 1889, 511.

Spätere Versuche von Horton[1] bestätigen jedenfalls die Ansicht, die auch Königsberger[2] teilt, daß im Quarz nicht das SiO_2 bei 300° die starke Leitfähigkeit bewirkt, sondern daß diese durch die Beimengungen verursacht wird, obgleich, wenn diese regelmäßig an der Krystallstruktur teilnehmen würde, nicht recht einzusehen wäre, warum Quarzplatten parallel zur Achse gar keine Leitfähigkeit zeigen; es muß demnach die Anordnung der Beimengung doch so sein, daß die Wanderung nur parallel der Achse möglich ist.

Polarisation wurde bei den Quarzplatten senkrecht zur Hauptachse von Warburg schon bei 300° nachgewiesen.[3]

Jedenfalls scheint aber dieses von Warburg und anderen nachgewiesene Natriumsilikat auch auf die Polarisation und die Höhe des Widerstandes bei Platten parallel der Achse einen gewissen, wenn auch weit geringeren Einfluß als bei Platten senkrecht zur Achse auszuüben. Bei dem zu einer sehr hohen Temperatur im Knallgasgebläse gebrachten Quarzglas dürfte der Stoff viel reiner sein und daher ist der Widerstand ein höherer.

Quarzglas.

Es war von Interesse, das Quarzglas mit dem Quarzkrystall zu vergleichen. Die erhaltenen Werte sind folgende.

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
922°	132800	Unscharfes Tonminimum.
982	83458	
988	73330	
1050	66923	
1102	26300	
1154	14272	
1167	13810	
1198	11739	
1207	10000	

[1] Philos. Magazine, 1906, 32.

[2] Jahrbuch für Radioaktivität und Elektronik, 1907.

[3] Annalen der Physik, *32*, 1887 und 1890.

Abkühlung des Quarzglases.

Temperatur	Widerstand in Ω	Anmerkung
1207°	10000	
1105	27037	Messung der Polarisation.
1015	40000	Messung des Polarisationsstromes.
978	61420	
940	80000	
880	156600	
830	207700	
800	390000	Unter 800° war kein Minimum mehr bemerkbar.

Polarisation.

Bei 1100° wurde ein Versuch zur Messung des Polarisationsstromes gemacht; der Straßenstrom zeigt 100 Volt, der Ladungsstrom gibt am Milliamperemeter 2·7 Milliampere.

Der Ausschlag war 6 *mm*, also sehr gering.

Ein zweiter Versuch gibt für den Ladungsstrom bei 1015° 1·6 Milliampere. Hier war der Ausschlag nur noch 2 *mm*, man kann also keine Polarisation mehr annehmen.

Die Polarisation ist geringer als bei Quarz, offenbar enthält das Glas nicht jene Beimengungen wie der Krystall. Allerdings ist auch behauptet worden, geschmolzener Quarz wäre überhaupt nicht elektrolytisch leitend, aber die Zunahme der Leitfähigkeit mit der Temperatur ist doch sehr bedeutend und haben wir bei 1100° doch Spuren von Polarisation. Ich halte allerdings weitere Untersuchungen am Quarz noch für notwendig.

Befremdend wirkt im Vergleich zu Quarzkrystall die Höhe der Widerstände, welche wohl kaum in deren Gänze einem besseren Kontakt zugeschrieben werden können, da gerade bei Quarz der Kontakt sehr gut war.[1] Da nun amorphe

[1] K. Exner hatte nachgewiesen, daß die Platten parallel zur Achse 1000-mal bei niederer Temperatur weniger leiten als solche senkrecht dazu. Vgl. auch Felix Exner, Z. d. d. phys. Ges., III, 1901.

Körper immer geringeren Widerstand als krystallisierte zeigen, so war auch in diesem Falle solches zu erwarten. Die erhaltenen Zahlen ergeben aber für Quarzglas keine niederen Zahlen, wahrscheinlich wohl deshalb, daß auch die Platten parallel der Achse durch beigemengtes Natriumsilikat eine vergrößerte Leitfähigkeit zeigen, was auch durch das frühe Auftreten des Polarisationsstromes bei diesem Krystall bestätigt wird.

Unter Anwendung der Darstellung als logarithmische Funktion ergibt sich für Quarzglas folgendes (siehe auch Fig. 11):

T absolute Temperatur	$\frac{1}{T}$	W Widerstand	log W
1195°	0·0008368	132800	5·1232
1255	0·0007968	83458	4·9215
1261	0·0007930	73330	4·8653
1375	0·0007273	26300	4·4200
1427	0·0007008	14272	4·1544
1440	0·0006944	13810	4·1405
1471	0·0006808	11739	4·0697
1480	0·0006757	10000	4·0000
		Abkühlung	
1378	0·0007257	27037	4·4320
1288	0·0007764	40000	4·6021
1251	0·0007994	61420	4·7883
1213	0·0008244	80000	4·9031
1153	0·0008673	156600	5·1958
1103	0·0009066	257700	5·4111
1073	0·0009320	390000	5·5911

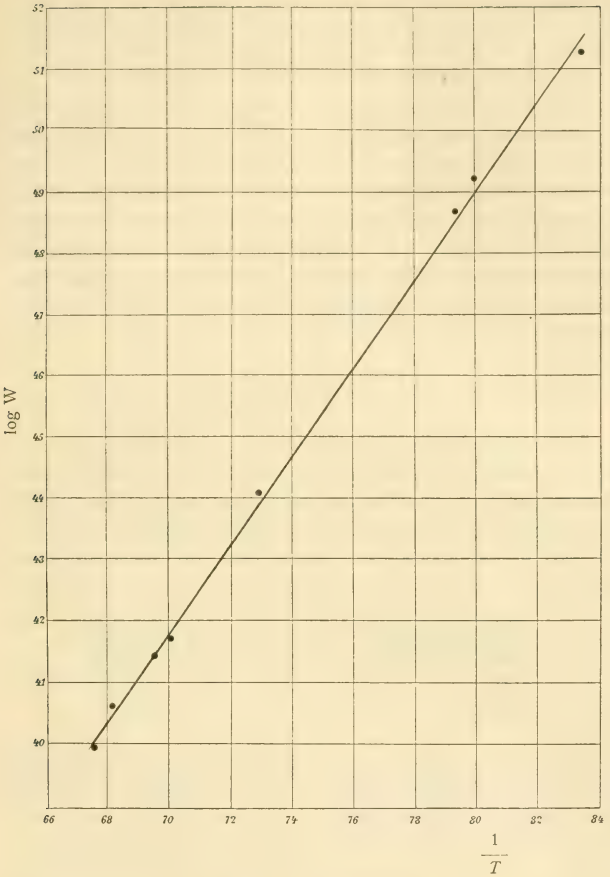


Fig. 11. **Quarzglas.**

Arfvedsonit von Grönland.

Der Arfvedsonit von Grönland ist ein leicht schmelzbarer Körper, dessen Schmelzpunkt bei zirka 1000° liegt, doch liegt der Schmelzbeginn jedenfalls viel tiefer, da er zu den Stoffen

gehört, die keinen scharfen Schmelzpunkt zeigen. Arfvedsonit gehört jedenfalls zu den ziemlich gut leitenden Krystallen, denn schon bei 700° ist die Leitfähigkeit sehr stark. Bei 920° zeigt sich schon eine beginnende Plastizität.

Polarisation war bei 600° noch nicht vorhanden, aber bei 900° war diese sehr merklich, der Widerstand war ein minimaler, hier sind wir aber bereits in der Nähe des Schmelzpunktes; es zeigt sich bei der Temperatur von 900° mit einem Akkumulator ein Ladungsstrom von 40 Milliampere und berechnet sich aus dem Ausschlag eine Polarisationsspannung von 0·04 Volt. Bei 748° war ein minimaler Ausschlag vorhanden, demnach erscheint als erste Temperatur, bei der eine Spur von Polarisation auftritt, diese.

Glimmer (Muskovit).

Ein Muskovit von Mitchell C. wurde ebenfalls auf Leitfähigkeit geprüft und lassen sich nur sehr dünne Platten von 0·6 *mm* anfertigen. Die Temperatur konnte nur bis zirka 1100° erhöht werden, da wir dann schon nahe dem Schmelzpunkt sind und schon bei dieser Temperatur der Muskovit verändert ist.

Bei 900° beträgt der Widerstand.... 190000 Ω,
» 1000° nur noch ..... 90000 Ω,
» 1050°..... 30000 Ω,
» 1070°..... 21250 Ω.

Bei dieser Temperatur wurde ein Polarisationsversuch gemacht, doch es ergab sich ein ganz minimaler Ausschlag von 2 *mm* bei Ladung durch einen Akkumulator.

Hornblende von Canada.

Ein bei 800° ausgeführter Versuch auf Polarisation ergab keine Spur eines Polarisationsstromes; der Widerstand war enorm groß: 61000 Ω.

Resultate.

Bei dem Vergleich der Widerstandsbestimmungen zwischen Krystallplatten und krystallinisch-körnigen, aus erstarrtem Schmelzfluß erhaltenen Massen ergibt sich ganz allgemein das Resultat, daß die Widerstände bei Krystallplatten viel höhere sind als bei letzteren. Nun sahen wir schon früher, daß die Werte bei diesen auch verschieden sind, je nachdem wir größeres Korn oder kleineres hatten, und daß nur in der Nähe des Schmelzpunktes die Werte für denselben Stoff gleich sind. Es lassen sich eben aus Schmelzfluß nicht leicht zwei vollkommen übereinstimmende Produkte erzielen, insbesondere sind diese niemals ganz glasfrei und auch kleine Unterschiede an Gehalt an Glas werden schon recht bedeutende Differenzen in der Leitfähigkeit ergeben.

Daß aber die bei Krystallplatten erhaltenen Widerstände durchaus viel höher sind als bei aus Schmelzfluß erstarrten, liegt sowohl darin, daß die für letztere angewendete Versuchsanordnung genauer ist als auch in dem Umstand, daß infolge der Spaltbarkeit und der in den Spaltrissen enthaltenen Luftschichten Diskontinuitäten in dem leitenden Körper auftreten, und solche die Leitfähigkeit vermindern.

Von den untersuchten Stoffen ist Arfvedsonit stark leitend, Adular stärker als Diopsid und Quarz.

Die früher gebrauchte Darstellung, bei welcher $\frac{1}{T}$ als Abszisse, log W als Ordinate genommen wird, gibt zwar nicht immer eine gerade Linie, aber doch annähernd eine solche; gegen den Schmelzpunkt zu tritt eine kleine Krümmung ein.

Auffallend ist, daß Quarz nicht geringere, sondern sogar höhere Leitfähigkeit hat als Quarzglas, es ist wahrscheinlich, daß der von Warburg nachgewiesene Gehalt an Natriumsilikat, der bei Platten senkrecht zur Achse schon bei niederer Temperatur eine höhere Leitfähigkeit und Polarisation bewirkt, auch bei Platten parallel der Achse eine wenn auch geringe Erhöhung der Leitfähigkeit bewirkt, die aber erst bei zirka 800° bemerkbar wird.

Die wichtigste Frage, welche den Zweck der Untersuchung bildete, ist die des Auftretens eines Polarisationsstromes im Krystall. Es zeigte sich in allen Krystallen schon bei niedereren Temperaturen als früher Spuren eines Polarisationsstromes; während ein solcher in Schmelzen bei den früheren Versuchen nur 100 bis 200° unter dem Schmelzpunkt konstatiert wurde, gelang es jetzt bei Anwendung höherer Spannung auch noch unter diesem Temperaturpunkte die Polarisation nachzuweisen. Bei Quarz, auch bei Platten parallel zur Achse, dürfte das sehr frühe Auftreten der Polarisation wohl nicht ganz der Substanz SiO_2 selbst zuzuschreiben sein. Es zeigen daher die Silikate elektrolytische Leitfähigkeit auch im festen Zustand.

Untersuchung der optischen Eigenschaften von Mineralien der Amphibolgruppe und ihrer Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung

von

Dr. **Stefan Kreutz.**

(Mit 5 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Juni 1908.)

Einleitung.

Die Hornblenden sind mineralogisch und petrographisch nicht minder wichtig und in jeder Hinsicht wissenschaftlich ebenso interessant wie die Pyroxene.

Eine größere Anzahl der letzteren wurde von hervorragenden Forschern chemisch und optisch untersucht, besonders nachdem die klassischen Untersuchungen von G. Tschermak die Wichtigkeit präziserer Bestimmungen der optischen Konstanten von chemisch analysierten Krystallen erwiesen; dagegen blieb die Hornblendegruppe in dieser Beziehung relativ vernachlässigt. Um zur Ausfüllung dieser in der Wissenschaft sehr empfindlichen Lücke beizutragen, unternahm ich Untersuchungen an einer Reihe chemisch gut bekannter Hornblenden.

Dabei habe ich getrachtet, hauptsächlich die wichtigsten und verbreiteten Typen zu berücksichtigen.

Die Möglichkeit der Ausführung dieser Untersuchung verdanke ich dem Wohlwollen von Prof. F. Becke, welcher als Vorstand des mineralogisch-petrographischen Universitätsinstitutes in Wien alle hierbei nötigen Mittel gern gewährte

und durch erfahrenen Rat meine Arbeit förderte, und es sei mir erlaubt, ihm meinen herzlichsten und verbindlichsten Dank hier zum Ausdruck zu bringen.

Es sei mir auch gestattet, Herrn Hofrat Tschermak, welchem ich für manche Hinweise und Aufklärungen verpflichtet bin, Prof. Berwerth, Prof. Doelter und Prof. Hibsch für mir anvertrautes Untersuchungsmaterial meinen Dank auszusprechen. Den Herren Dr. Stark und Reinhold für die stets erwiesenen Freundlichkeiten besten Dank!

Die Mineralien der Amphibolgruppe kommen in der Natur unter sehr mannigfaltigen Bildungsbedingungen vor. So vor allem aus Magmen auskrystallisiert, aus wässerigen Lösungen, in krystallisierten Kalken, als Sublimationsprodukte, Umwandlungen etc. Trotzdem ist die künstliche Nachbildung schwierig.

Ihre chemische Zusammensetzung schwankt zwischen sehr weiten Grenzen. Wir beobachten aber, daß viele Hornblenden je nach den Bildungsverhältnissen sich um gewisse Typen häufen (Tremolit, Pargasit etc.), aber auch ähnliche Krystalle vom selben Fundorte zeigen oft bedeutende Unterschiede, wie wir es weiter unten an einigen Beispielen sehen werden. Diese große Mannigfaltigkeit zeigt sich auch in der äußerst großen Zahl der vorhandenen Analysen; leider wurde dabei die optische Untersuchung gewöhnlich unterlassen.

Die auf die optischen Eigenschaften der Amphibole sich beziehende Literatur ist in den Handbüchern von Dana, Hintze, Rosenbusch und neuestens in dem Werke Rosenbusch's: Mikroskopische Physiographie, II. T., zusammengestellt, so daß hier von dem Eingehen auf die Literatur Umgang genommen werden konnte.

Die meisten Bestimmungen sind nicht in speziellen Untersuchungen enthalten, sondern wurden bei der Behandlung größerer Mineralgruppen aus Not vorgenommen, wobei natürlich keine größere Genauigkeit angestrebt werden konnte (M. Lévy und Lacroix bei Behandlung der gesteinsbildenden Minerale) oder die Untersuchung nur auf manche Eigen-

schaften beschränkt blieb (Zimányi bei Gelegenheit der Bestimmung der Brechungsindices von verschiedenen Mineralen).

Viele Angaben verdanken wir den petrographischen Untersuchungen.

Detaillierte Angaben findet man erst in der letzten Zeit öfter: Daly, Philipstadite; Duparc und Pearce, Soretite; Frank Adams, Hastingsit etc. sowie die Untersuchungen über die normalsymmetrischen Hornblenden.

So erklärt sich die Unvollständigkeit unserer Kenntnisse mancher Amphibole. Es liegt z. B. keine Angabe über den Achsenwinkel von Karinthin, Richterit vor, auch sind die meisten Bestimmungen an chemisch näher nicht bekanntem Material vorgenommen worden (Tremolit, Pargasit etc.).

Von den nach dem Erscheinen des Werkes von Rosenbusch (1905) publizierten Abhandlungen wären hier die Untersuchungen von Hlawatsch,[1] Murgoci[2] und Tertsch[3] zu verzeichnen und letztens die Untersuchungen von Duparc und Pearce.[4]

---

[1] Über den Amphibol von Cevadaes (Portugal). Festschrift zum 70. Geburtstage von H. Rosenbusch, Stuttgart 1906.

[2] I. Contribution to the Classification of the Amphiboles.

II. On some Glaukophane Schists by Murgoci. University of California Publications, Berkeley 1906.

[3] Optische Untersuchungen von Hornblenden und Titanit von Mont Real. Tschermak's Min. u. p. Mitt., XXV, 6. H., 1907.

[4] Schon nach Fertigstellung des Manuskriptes sind mir die beiden neulich erschienenen Arbeiten von Duparc und Pearce in die Hand gekommen und konnten samt der dort zitierten Untersuchung von Hornung und Duparc und Hornung nicht mehr gebührend berücksichtigt werden. In diesen Arbeiten ist eine große Zahl von optischen Bestimmungen (Brechungsindices etc.) an analysiertem Material ausgeführt worden. Die Untersuchung bezieht sich auf gemeine, gesteinsbildende Hornblende, während hier hauptsächlich die aufgewachsenen untersucht wurden. Die Autoren zeigen, wie groß die Unterschiede der Brechungsindices an Krystallen von Pyroxenen und Hornblenden von demselben Gestein sein können, ähnlich wie hier in einigen Fällen aufgewachsene, besonders eisenreichere Hornblenden von verschiedenen Stufen, wenn auch von demselben Fundorte, sich verschieden verhalten. Merkwürdiger ist die nahe Übereinstimmung von Analysen von drei Hornblenden mit stark verschiedenen optischen Eigenschaften (Auslöschungsschiefe 11 bis 20°). Bull. de la Soc. Min., 1 und 2, 1908.

In der Untersuchung von Hlawatsch wird eine normalsymmetrische Hornblende beschrieben. Analyse von Diettrich. Die optische Orientierung dieses sehr eisenreichen (FeO und Fe_2O_3) Amphibols ist: α nahe an c, $\gamma = b$, β annähernd senkrecht zu 100. $2V$ groß um α, schwache Doppelbrechung. Absorption: $\alpha > \beta > \gamma$.

Herm. Tertsch untersuchte eine von N. Evans analysierte, sehr Ti-reiche Hornblende aus dem Essexit von Mt. Johnston, welche sich, ähnlich wie eine von Montreal, als Verwachsung zweier, respektive dreier Hornblenden erwies. Die Dispersion der Achse A wurde $v > \rho$ um α, der Achse B $v = \rho$ gefunden, die Dispersion der Doppelbrechung $v > \rho$ sowie $\rho > v$.

Die Publikation von Murgoci liefert einen Versuch einer Klassifikation der Amphibolgruppe sowie Betrachtungen über den Einfluß einzelner Gemengteile auf die optischen Eigenschaften dieses Minerals. Es findet sich hier eine Anzahl neuer sowie ergänzender Bestimmungen von Amphibolen in amerikanischen Gesteinen (Crossit).

Ältere Versuche, die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung zu klären, sind in den früher erwähnten Handbüchern berücksichtigt.

Nach Tschermak[1] ändert sich der Achsenwinkel so, daß er bei eisenreicheren um α kleiner wird, doch »bei der äußerst komplizierten chemischen Zusammensetzung kann der Zusammenhang kein einfacher sein«.

Der Sinn der Änderung ist derselbe wie in der Pyroxengruppe.

Wiik beobachtete, daß die Auslöschungsschiefe mit dem Al_2O_3-Gehalte steigt und zeichnete entsprechende Kurven auf, besonders auf Grund der Untersuchung der finnländischen Hornblenden.

Brögger[2] bemerkte das Steigen der Auslöschungsschiefe mit FeO und mit Zunahme des Alkaliengehaltes.

---

[1] Pyroxen und Amphibol. Min. Mitt., 1871, H. 1.

[2] C. n. Murgoci.

Letztens findet Murgoci, daß der Auslöschungswinkel in der Amphibolgruppe von dem Verhältnis der Molekularkoeffizienten von $Fe_2O_3 : Al_2O_3$ abhängig ist. Aus der Zusammenstellung dieses Autors ist ersichtlich, daß für die Glaukophanreihe sowie für manche eisen- und alkalihaltigen Glieder diese Regel zutrifft: je größer das Verhältnis der Molekularkoeffizienten von $Fe_2O_3 : Al_2O_3$, desto größer die Auslöschungsschiefe. In der am breitesten behandelten Glaukophangruppe wird der Achsenwinkel mit Zunahme von $Fe_2Si_3O_9$, welches das Aluminiumsilikat vertritt, kleiner. Die Mischung mit $\overset{III}{Fe} : Al =$ $= 1 : 3$ ist einachsig und der Crossit mit $\overset{III}{Fe} : Al = 6 : 5$ ist normalsymmetrisch mit $2V = 90$ (zirka). Doch scheint dieser Zusammenhang für andere Gruppen kein so einfacher zu sein, die p. 347 l. c. angeführten Werte fügen sich keiner regelmäßigen Kurve an und in den Pargasiten ist der Auslöschungswinkel groß. Diese Regel wäre folglich vielleicht zu begrenzen.

Ferner findet Murgoci, daß das MgO vertretende FeO auf die optischen Eigenschaften keinen merklichen Einfluß hat und der wirksame Stoff das Fe_2O_3 ist. Damit im Zusammenhang ist die Stärke der Absorption, welche in den $Fe_2Si_3O_9$-reicheren Hornblenden wächst sowie die Dispersion der optischen Achsen (und Bissektricen), welche in schwarzen Gliedern (Osannit, Arfvedsonit) am größten, also auch eine Funktion von $Fe_2Si_3O_9$ ist.

Wie man aus dieser Zusammenstellung schon ersieht, ist eine einfache Fassung des Gesetzes der Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung für die ganze Amphibolgruppe schwer möglich, was bei der großen Kompliziertheit der Zusammensetzung nicht verwundern darf.

Sogar dieselben Bestandteile üben in verschiedenen Reihen hier verschiedenen Einfluß aus, wie wir es später sehen werden, und gerade das ist auch vielleicht für die Frage der Konstitution dieser Gruppe beachtenswert.

Eine einfache, vollständige Deutung der chemischen Konstitution, welche eine strenge Prüfung des Zusammenhanges der physikalischen und chemischen Eigenschaften auf die

Regeln, welche für isomorphe Reihen aufgestellt wurden, erlauben würde, fehlt bis jetzt noch.

Die Grundlage zu einer solchen ist von Tschermak (l. c.) gegeben. Er erklärt die Amphibole als isomorphe Mischung verschiedener Silikate, nämlich $CaMg_3Si_4O_{12}$, $CaFe_3Si_4O_{12}$, welchen noch die Alumosilikate

$$Na_2\overset{III}{Me_2}Si_4O_{12} \text{ und } CaMg_2\overset{III}{Me_2}Si_3O_{12}$$

beigemischt sind.

Der Grundgedanke von Tschermak ist der, daß nur durch Auffindung von Silikaten, welche die in der Amphibolgruppe enthaltenen Verbindungen allein für sich zeigen, die Frage zur Lösung gebracht werden kann. Das Natriumaluminiumsilikat (analog wie im Jadeit und Spodumen) — von besonderer Wichtigkeit erscheint hier der Versuch von Lemberg, welcher den Jadeit in Analcim und endlich in Leucit auf nassem Wege überführte — ist in mehreren Gruppen als konstituierender Gemengteil festgestellt worden und ist in der Natur als solcher sehr verbreitet (vgl. hierüber Morozewicz, Über die chem. Konstitution des Nephelins, Bull. de l'Acad. de Cracovie, 1907). Daß das sogenannte Tschermak'sche Silikat MeR_2SiO_6, welches nach Tschermak eine der Grundverbindungen in der Augitgruppe ist, selbständig (krystallisiert als Pyroxen) auftreten kann, wurde durch die Untersuchungen von C. Doelter[1] und J. Morozewicz[2] nachgewiesen.

Auch das Ferrisilikat $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$ ist von Weyberg[3] künstlich erhalten worden.

Obgleich diese Verbindungen nicht als Amphibole dargestellt wurden, so ist doch wegen der angenommenen Dimorphie von Hornblende und Pyroxen ihre Existenzfähigkeit auch für die Theorie der ersteren von großer Bedeutung.

Scharizer[4] rechnete das »Syntagmatitmolekül« aus und betrachtet eine Reihe von Hornblenden als Mischungen des Aktinolithsilikats mit dem ersteren.

[1] Zur Synthese des Pyroxens. Doelter, N. J. f. M., 1884, II, p. 51.

[2] Morozewicz, Experimentelle Untersuchungen über die Bildung der Minerale im Magma. Tscherm. Min.-petr. Mitt., Bd. XVIII, H. 1 u. 2/3.

[3] Einige Worte über das Silikat $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$. Zentr. f. M., 1905.

[4] Siehe p. 963.

Nach Murgoci[1] liegt in der Hornblende eine ganz willkürliche Mischung von Silikaten: $FeSiO_3$, H_2SiO_3 etc. vor. Fluor vertritt die Kieselsäure.

In der letzten Zeit haben Penfield[2] und Stanley auf Grund einer Reihe neuer Analysen gezeigt, daß in den tonerdefreien Hornblenden das Wasser (und Fl) mitgerechnet werden muß, um das für die Metasilikatformel verlangte Verhältnis der Basen zu der Säure 1 : 1 zu erhalten. Die Sesquioxyde werden mit (OH), Fl sowie zum Teil mit $\overset{II}{RO}$ zu zweiwertigen Radikalgruppen verbunden und als solche in das Hornblendegebäude eingeführt, so daß nach Abzug dieser Moleküle das Verhältnis $SiO_2 : \overset{II}{RO} = 1 : 1$ bleibt. Das CaO vertritt ein Viertel der Wasserstoffatome der Amphibolsäure.

Trotz der großen chemischen Verschiedenheit mancher isomorph vermengter Bestandteile bleibt die äußere Form der Amphibole ähnlich, weil »in dem großen Moleküle die anderen durch den Effekt ihrer Masse die Krystallform bestimmen«.

Untersuchungsmethoden.

Die charakteristischen optischen Konstanten eines monosymmetrischen Krystalls sind die drei Brechungsindices und die Auslöschungsschiefe auf (010).

Der Achsenwinkel ist eine aus den Brechungsindices ableitbare Größe, doch wird er gewöhnlich auch angegeben, weil jede relative Änderung der Unterschiede der Brechungsindices einen merklichen Einfluß auf die Größe des Achsenwinkels, dessen Änderung auffälliger ist, ausübt; auch wegen der scharfen Kontrolle der Genauigkeit der Bestimmung der Brechungsindices.

In einer isomorphen Reihe, wo mehrere Grenzglieder eintreten, kann es leicht vorkommen, daß manche von den Konstanten gar nicht oder nur unwesentlich verändert werden, besonders wenn zwei von den Endgliedern einander entgegengesetzte Wirkung ausüben. So kommt es vor, daß in der

---

[1] L. c.

[2] Am. J. of Sc., XV; Z. f. K., XLIII, p. 233.

Hornblendegruppe manche chemisch sehr verschiedene Glieder dieselbe Auslöschungsschiefe zeigen. Damit keine Änderung des Achsenwinkels eintritt, brauchen nur alle drei Brechungsindices in derselben Richtung gleich beeinflußt zu werden (Soretit, Hornbl. v. Edenville).

Auch die Brechungsindices sind manchmal beinahe gleich, z. B. β bei Tremolit und Pargasit. Man muß hier folglich die vollständige optische Orientierung vergleichen.

Als gutes Hilfsmittel zur Charakterisierung einzelner Glieder bieten sich die Dispersionserscheinungen an. Die Genauigkeit der Dispersionsmessungen kann ziemlich weit getrieben werden.

Es kommen hier in Betracht: die Dispersion der Brechungsindices und die ableitbaren, aber leicht zu messenden Größen: die Dispersion der Doppelbrechung und der Achsen.

Die Dispersion der Doppelbrechung ist eine Größe, deren praktische Einführung in die optischen Untersuchungen man dem Prof. Becke zu verdanken hat, welcher auf deren Verwendbarkeit und Wichtigkeit aufmerksam wurde.

Hlawatsch, welcher sich viel mit dieser Erscheinung beschäftigte, wies auf die Verwendbarkeit dieser Größe bei der Untersuchung isomorpher Reihen hin, namentlich auf die Möglichkeit der Erkennung mancher Vesuvianvarietäten an der Färbung des Kompensationsstreifens. Dies gilt besonders bei Mischungen optisch einachsiger positiver und negativer Endglieder (auch bei manchen zweiachsigen Krystallen).

Es wäre noch zu untersuchen, ob aus der Größe der Achsendispersion auf die Menge des sie bewirkenden Gemengteiles geschlossen werden kann, wenigstens in dem einfachsten Falle einer Mischungsreihe, deren ein Endglied sehr starke, das andere fast gar keine Achsendispersion zeigt.

Einfach kann man Aufschluß darüber gewinnen, wenn man die angenäherte Formel von Mallard[1] betrachtet:

$$\operatorname{tg}^2 V = \frac{g}{g'}\left[1 + \left(\frac{h}{g} - \frac{h'}{g'}\right)\frac{1}{\lambda^2}\right], \qquad (1)$$

[1] Mallard, Traité de Cristallographie, II, 1884, Paris, p. 521.

welche aus der Formel $\mathrm{tg}^2 V = \frac{\omega}{\nu}$ sich ergibt, wenn man $\omega = g + h\frac{1}{\lambda^2}$, $\nu = g' + h'\frac{1}{\lambda^2}$ setzt und die Größen $\frac{h}{\lambda^2}$ und $\frac{h'}{\lambda^2}$ als klein im Vergleich mit g und g' annimmt.

Daraus ergibt sich

$$\frac{\partial \,\mathrm{tg}\, V}{\partial \lambda} = -\frac{\frac{g}{g'}\left(\frac{h}{g} - \frac{h'}{g'}\right)}{\mathrm{tg}\, V\, \lambda^3}. \qquad (2a)$$

Diese Formel ist ganz analog der von Pockels[1] abgeleiteten für die Änderung des Achsenwinkels. Drückt man in der Formel für den scheinbaren Achsenwinkel

$$\sin E = \gamma\sqrt{\frac{\beta^2-\alpha^2}{\gamma^2-\alpha^2}} = \frac{\gamma}{\sqrt{\gamma^2-\alpha^2}}\sqrt{\beta^2-\alpha^2} \qquad (1)$$

die Brechungsindices durch die zweigliedrige Dispersionsformel $= A + \frac{B}{\lambda^2}$ aus, so erhält man für die Änderung des Achsenwinkels

$$\frac{\partial \sin E}{\partial \lambda} = \frac{-\gamma^2}{\gamma^2-\alpha^2}(B_2 - B_1)\frac{1}{\sin E}\frac{1}{\lambda^3} \quad \text{(nach Pockels)} \qquad (2b)$$

unter der Annahme, daß $\frac{\gamma^2}{\gamma^2-\alpha^2} = \mathrm{Const}$ ist, $\frac{\partial E}{\partial \lambda} = \infty$, wenn $E = 0$ wird, ebenso für $\lambda = 0$, woraus Pockels den Schluß gezogen hat, daß der Achsenwinkel bei der Annäherung an den Wert 0 sich sehr rasch mit der Wellenlänge ändert.[2]

Die Ausdrücke $(2a)$ und $(2b)$ lassen aber sofort die Regeln für die Dispersionsänderung, d. i. der verschiedenen Änderung des Achsenwinkels mit der Wellenlänge, ersehen.

1. Wird der Achsenwinkel kleiner, so erfahren die einen kleinen Achsenwinkel bildenden Achsen eine raschere Änderung wie die anderen, die schon vorhandene Dispersion wird

[1] Pockels, Lehrbuch der Krystalloptik.

[2] Laspeyres, Z. f. K., I, 1877, p. 540, fand am Glauberit, daß die Achsen bei Temperaturänderung sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nähern.

größer. Bei $2E = 0$ sollte sie bei sonst gleichen Verhältnissen am größten sein.

2. Es wirkt hier noch ein zweiter Umstand, nämlich die Art der Dispersion, ob $\rho > v$ oder $v > \rho$. Je kürzer die Wellenlänge, desto rascher die Änderung, folglich wird der Achsenwinkel im Falle der Verkleinerung bei sonst gleichen Verhältnissen für blaues Licht sich rascher verringern wie für rotes. Ist also die Dispersion $\rho > v$ und wird der Achsenwinkel kleiner, so wirken beide Einflüsse (die Annäherung an den Wert 0 und die energischere Wirkung der kürzeren Wellenlängen) im gleichen Sinne; ist aber die Dispersion $v > \rho$, so wird die letztere Eigenschaft den Abstand der Achsen für rote und blaue Strahlen verkleinern und die Dispersionsänderung wird sich aus der Differenz beider Einflüsse ergeben.

Aus dem ergibt sich, daß die Dispersion, welche für die Strahlen, welche dem, für welchen $2V = 0$ ist, am nächsten liegen, am größten wird, auf beiden Seiten des 0-Punktes nicht symmetrisch verlaufen wird.

Es ist also vorauszusehen, daß die Dispersion der Achsen bei ganz kleinen Achsenwinkeln bei sonst gleichen Verhältnissen am größten wird und besonders, wenn der Sinn der Dispersion $\rho > v$ um die spitze Bisectrix ist.

Sonst ist große Dispersion bei schwacher Doppelbrechung zu erwarten.

Das Verhalten von Glauberit und von Sacharin bei Temperaturänderung bestätigen die Resultate dieser Überlegung. Laspeyres fand: die scheinbare, stets sehr große Dispersion erreicht im Glauberit ihr Maximum in der Nähe der Einachsigkeit.

Auch in isomorphen Mischungen haben die Glieder mit kleinem Achsenwinkel in der Regel starke Dispersion.

Im Vorjahr ist Tutton in einer Abhandlung: »Allgemeine Erklärung des Phänomens der Dispersion in gekreuzten Achsenebenen«, Z. f. K., XLII, 1907, H. 6, auf Grund von experimentellen Untersuchungen der Sulfate und Selenate der Alkalireihe zum Resultat gekommen, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß die allgemeinen Bedingungen für Dispersion in gekreuzten Achsenebenen folgende sind:

1. Gleichzeitige Anwesenheit von äußerst geringer Doppelbrechung (Nähe der α- und γ-Brechungsexponenten) und große Annäherung des mittleren Brechungsindices β an α oder γ.

2. Veränderung der Wellenlänge des angewandten Lichtes bei gewöhnlicher Temperatur oder Temperaturveränderung bei derselben Lichtwellenlänge oder beide Veränderungsarten müssen veranlassen, daß zwei der Brechungsindices, eventuell bei einer besonderen Temperatur für verschiedene Wellenlängen, gleich werden, um aus dem dreiachsigen Ellipsoid ein Rotationsellipsoid zu bilden.

Wie wir sehen, sind diese auf Grund der Bestimmungen gemachten Folgerungen ident mit denen, welche aus (2*a*) und (2*b*) zu ersehen sind. Um zu prüfen, wie sich die von Tutton untersuchten Salze bezüglich des zweiten Faktors, ob die blauen oder roten Achsen vorauseilen, verhalten, dazu genügen die vorhandenen Beobachtungen nicht.

Die Dispersionserscheinungen der Achsen wären, wie aus dieser Auseinandersetzung hervorgeht, zu dem früher erwähnten Zwecke nur bei annähernd gleich großen Achsenwinkeln verwendbar.

Trotzdem können sie aber zur Charakterisierung verschiedener Glieder gute Dienste leisten.

Die Bestimmungsmethoden wurden je nach der Art und Beschaffenheit des Materials gewählt. Zur Herstellung monochromatischen Lichtes wurde neben den monochromatischen Flammen und Lichtfiltern der Monochromator von Wülfing verwendet. Als Lichtquelle diente eine starke elektrische Bogenlampe. Die ein- und austretenden Strahlen wurden je nach Bedarf mit Linsensystemen reguliert.

Die Wellenlänge der angewandten Lichtarten wurde mit Hilfe eines Gitters und als Spektrometers benützten großen Goniometers von Fueß Nr. 1 gemessen. Zur raschen Kontrolle wurde die Wellenlänge mit dem Babinet'schen Kompensator, wie dies Becke (Tscherm. Min. u. petr. Mitt., XXII) angegeben, bestimmt.

Zur Bestimmung der Brechungsindices ist die Methode der Totalreflexion sehr zweckmäßig. Es wurde ein Total-

reflektometer nach Abbe-Pulfrich von Zeiß, dessen Halbkugel einen Brechungsindex 1·8904 für Na besitzt, benützt.

Seine Justierung und Zentrierung wurde nach den von Viola angegebenen Methoden kontrolliert und der Fehler als innerhalb der üblichen Fehlergrenze liegend gefunden.

Der Brechungsindex des Glases wurde durch Einstellung auf die Grenze der Totalreflexion Glas—Luft ($\varphi = 31° 56' 20''$) und von Glasprismen, an welchen der Brechungsindex vorher mit der Prismenmethode bestimmt wurde, kontrolliert. Die Differenzen der nach beiden Methoden erhaltenen Werte waren $= 0·0001$, für die Brechungsindices von Quarz ergaben sich um 0·0002 höhere Werte wie die von Macé de Lepinay.

Nachdem die nach der Prismenmethode im Laboratorium von Zeiß bestimmten Werte genauer bestimmt werden konnten und die von mir erhaltenen Zahlen nicht viel von jenen differierten, durch verschiedene Art des Schleifens (Halbkugel und Prisma) die Brechungsindices aber schwerlich in merklicher Art beeinflußt werden konnten, konnte der von der Firma angegebene Wert als richtig angenommen werden.

Für die Li- und Tl-Strahlen erhielt ich als Mittel

$$\log n_{Li} = 0·2737080 \qquad \log n_{Tl} = 0·2794233.$$

Der Ablesungsfehler $dn = N \cos \varphi \, d\varphi$ ($n = N \sin \varphi$) ist bei kleinen Brechungsindices größer; begeht man bei der Einstellung der Grenze einen Fehler von 30″, so ergibt sich für

Glas—Luft ($\varphi = 31° 56' 20''$) der Fehler zu
$$\delta = 0·00012 \times 1·89$$

Glas—Wasser $48° 51' 20''$ der Fehler zu
$$\delta = 0·00010 \times 1·89$$

Glas—Hornblende ($n = 1·7278$, $\varphi = 66° 08'$) der Fehler zu
$$\delta = 0·000059 \times 1·89$$

Zur Messung nach der Prismenmethode wurde das große Goniometer Modell Fueß Nr. 1 sowie Fueß Nr. 2 benützt.

Bei ganz kleinen Kryställchen wurde die Methode der Immersion (Schröder v. d. Kolk) mit Hilfe der Becke'schen Lichtlinie verwendet, wie es im Becke'schen Institut üblich ist. Bei der Gleichheit der Brechungsindices des Minerals und der Flüssigkeit im Na-Licht wird im weißen Licht beim Heben

des Tubus eine blaue, in die Flüssigkeit wandernde Linie, beim Senken eine rote bemerkt (die Dispersion der Flüssigkeit stärker wie die des Minerals).

Die Messungen der Doppelbrechung wurden auch mit dem Kompensator von Babinet vorgenommen.

Die gewöhnliche Formel (1) $\gamma - \alpha = \frac{l}{D} \cdot C$, nach welcher man aus der Trommelablesung l und der Dicke D der untersuchten Platte die Doppelbrechung bestimmt, ist nach der strengen Theorie von Voigt nicht richtig, weil die durchgehende Lichtwelle an vier Grenzen (Luft—Quarz—Luft—Quarz—Luft) teilweise reflektiert wird und einzelne Teile der austretenden Welle verschiedenen Weg machen.

Die genaue Formel von Voigt ist sehr kompliziert, auch wenn die Reflexionen zwischen den beiden Quarzkeilen durch Eintauchen in Flüssigkeit von demselben Brechungsindex beseitigt würden.

Der durch Anwendung der angenäherten Formel (1) entstandene Fehler ist aber sehr klein im Vergleich mit anderen, die hier sich fühlbar machen, vor allem infolge der Ungenauigkeit der Dickemessung.

Aus (1) folgt $z = \gamma - \alpha$:

$$dz = -\frac{l.C}{D^2} dD + \frac{C}{D} dl.$$

Nachdem wir den Sinn des Fehlers, welchen wir bei der Bestimmung der Dicke und der Einstellung des Streifens machen, nicht kennen, so müßte man, um den möglichen Fehler zu finden, die absoluten Werte der beiden Glieder in Rechnung nehmen.

Angenommen, daß man bei der Dickemessung einen Fehler von 0·002 *mm*, bei der Einstellung des Kompensationsstreifens einen von 0·10 der Trommeleinteilung begeht, so ergibt sich bei einer Dicke von 0·060 für die Doppelbrechung $\gamma - \alpha = 0 \cdot 030$ ($l = 18 \cdot 00$, $C = 0 \cdot 0001$)

$$\Delta z = 0 \cdot 001 + 0 \cdot 0001.$$

[1] Wied. Ann.

Bei einer Doppelbrechung $\gamma - \alpha = 0{\cdot}025$, Plattendicke $0{\cdot}020\ mm$, Trommelverschiebung $l = 5{\cdot}00$ ist

$$\Delta z = 0{\cdot}0025 + 0{\cdot}00025.$$

Die Verminderung des durch die Dickemessung entstandenen Fehlers durch Anwendung von sehr dicken Präparaten kann nur an durchsichtigen, sehr schwach doppelbrechenden Substanzen angestrebt werden.

Eine Fehlermöglichkeit liegt noch in der eventuellen Abweichung der Fortpflanzungsrichtung der Strahlen von der Plattennormale; besonders an sehr dicken Präparaten kann man ein Wandern des Streifens leicht beobachten, wenn man den Beleuchtungsspiegel seitlich stellt und bewegt. Diese Fehlermöglichkeit hängt mit der Größe der angewendeten Apertur zusammen, indem sie mit ihrer Größe steigt.

Die hier bestimmten Doppelbrechungen differierten gewöhnlich um vier bis fünf Stellen der vierten Dezimale von den aus den Brechungsindices abgeleiteten. Die Dickemessung läßt sich aber oft auf $0{\cdot}001\ mm$ genau ausführen und der oben angenommene Fehler gilt nur für besonders ungünstige Präparate. Es wurde immer getrachtet, die Dicke genau an derselben Stelle zu messen, für welche die Verschiebung des Kompensationsstreifens beobachtet wurde. Die Brechungsindices waren in der Regel bekannt.

Die Dispersionsmessungen sind hier viel genauer ausführbar wie die Messung der absoluten Größe der Doppelbrechung.

Der durch die Dickemessung entstandene Fehler wird jetzt sehr klein:

$$\partial n = \frac{l_\lambda C - l_{\lambda'} C'}{D^2} \cdot dD,$$

wo l_λ und $l_{\lambda'}$ die Verschiebungen des Kompensationsstreifens in verschiedenen Wellenlängen, C, C' die Konstanten des Instrumentes bedeuten.

Wie man die Dispersion der Doppelbrechung mißt, ist in Becke's[1] »Optischen Untersuchungsmethoden II« ausführlich behandelt.

---

[1] Denkschr. der kaiserl. Akad. der Wiss., LXXV, 1904.

Es eignet sich dazu eine von Becke[1] abgeleitete Dispersionsformel:

$$(\gamma-\alpha)_\lambda = \frac{L_\lambda}{D}\left(0{\cdot}0000843 \times C + \frac{0{\cdot}000045}{l_\lambda}\right),$$

wo L_λ die Verschiebung des Kompensationsstreifens, l_λ der Abstand der Streifen im angewendeten Licht bedeutet.

Die Dispersion der Doppelbrechung zeigt sich im weißen Licht durch Färbung des Kompensationsstreifens. Bei qualitativen Angaben muß man aber sehr vorsichtig sein bei geringer Dispersion, weil die Färbung des Kompensationsstreifens von dem Verhältnis $\frac{(\gamma-\alpha)_v}{(\gamma-\alpha)_\varrho} : \frac{(\varepsilon-\omega)_v}{(\varepsilon-\omega)_\varrho}$, d. i. dem Dispersionsverhältnis des Minerals zu dem des Quarzes abhängig ist (Becke, l. c., p. 7).

Wie man aus der Formel $(\gamma-\alpha)_\lambda = \frac{L_\lambda}{D} \cdot \frac{\lambda}{l_\lambda}$ ersieht, ist bei konstanter Doppelbrechung für verschiedene Farben die Verschiebung des Kompensationsstreifens von dem wechselnden Verhältnis $\frac{\lambda}{l_\lambda}$ abhängig. In dem hier verwendeten Instrument ist das Verhältnis für Na-Licht fast $= 1$, für kürzere Wellenlängen wird es größer; z. B. für $\lambda = 430$ ist $\frac{\lambda}{l_\lambda} = \frac{430}{416} = 1{\cdot}0338$, folglich muß bei gleichem Gangunterschied die Verschiebung des Kompensationsstreifens geringer sein und, zeigt eine Platte von 0·060 *mm* Dicke eine Doppelbrechung 0·030 Na (also $l_{Na} = 18{\cdot}00$), so wird die Verschiebung des Streifens für $\lambda = 430$ nur 17·424, falls die Doppelbrechung sich nicht ändern soll. Es ist folglich, wo man die Dispersion $\rho > v$ sieht, Vorsicht geboten.

Die Auslöschungsschiefe wurde sowohl direkt gemessen auf Platten ⊥ (010) als auch, wo dies nur möglich war, aus den Achsenpositionen abgeleitet.

---

[1] Becke, Min.-petr. Mitt., 22, 1903; vgl. mit Souza-Brandão, Über eine Dispersionsformel der Doppelbrechung im Quarz etc. Zentr. f. M., 1905, p. 23.

Die Messung des Achsenwinkels (der opt. Binormalen) wurde in Fällen, wo er ziemlich klein war, in der gewöhnlichen Art an Platten, die annähernd senkrecht zur ersten Mittellinie waren, bestimmt. Das verwendete Instrument war der große neue Achsenwinkelapparat nach Groth, konstruiert von Fueß.

Um einen infolge der nicht ganz senkrechten Lage der ersten Mittellinie zu der Plattennormale verursachten Fehler nicht zu begehen (schon infolge der Dispersion der Bissektrix läßt sich eine solche Lage nicht immer erreichen), wurde in der Regel nicht direkt der scheinbare Winkel zwischen den beiden Achsen, sondern der scheinbare Winkel zwischen der Achse und der Plattennormale gemessen und aus diesem sowie bekanntem β die wahren Winkel der Plattennormale zu den beiden Achsen, aus welchen sich $2V$ ergibt, erhalten.

Auf diese Weise bekommt man nicht nur den Achsenwinkel, aber auch, genauer wie auf irgendwelche Art, zugleich die Auslöschungsschiefe, wenn man die Koordinaten der Plattennormale kennt.

Die Messung der Lage der Plattennormale geschah entweder mit dem zweikreisigen Goniometer oder es wurde der Winkel der angeschliffenen Fläche zu zwei nicht gegenüberliegenden Spaltflächen gemessen und hieraus die räumlichen Koordinaten der Plattennormale berechnet.

Die besprochene Art der Bestimmung des Achsenwinkels ist nur dann richtig, wenn die Platte zu der Achsenebene senkrecht steht, in den monosymmetrischen Amphibolen also in der Orthozone liegt. Doch ist der infolge kleiner Abweichung der Platte von der Orthozone entstandene Fehler sehr gering, besonders wenn die Platte beinahe senkrecht zu der Mittellinie ist, weil ja, wenn die Abweichung der Plattennormale in der durch die Mittellinie gehenden und zur optischen Achsenebene senkrechten Ebene stattfinden würde, überhaupt kein Fehler vorhanden wäre.

Das von der Platte reflektierte Bild des Durchschnittspunktes der beiden Fäden erscheint, wenn die Achsenebene parallel dem horizontalen Faden ist, welche Einstellung am sichersten durch Beobachtung zwischen parallelen Nicols zu erreichen ist, im Falle einer kleinen Abweichung der

Plattennormale von der Achsenebene etwas nach oben oder unten verschoben; man bringt also nicht den Mittelpunkt des Fadenkreuzes (den Durchschnittspunkt der beiden Fäden), sondern nur das reflektierte Bild des vertikalen Fadens mit dem direkt gesehenen zur Koinzidenz.

Die Beobachtungen des Achsenwinkels in einer stark lichtbrechenden Flüssigkeit wurden in α-Monobromnaphthalin gemacht.

Die Brechungsindices der angewendeten Flüssigkeit wurden in einem Hohlprisma mit planparallelen Wänden (der brechende Winkel 60°) mit eingetauchtem Thermometer bestimmt:

$$T\ 21{\cdot}65° \qquad n_D = 1{\cdot}65770.$$

Die Dispersionszahlen wurden wegen der sehr starken Änderung des Brechungsindex bei Temperaturveränderung so erhalten, daß nach jeder Bestimmung die Bestimmung für Na-Licht vorgenommen wurde, so daß man bei derselben Temperatur die Brechungsindices n_λ und n_D erhält. Die Dispersion aber ist für die gewöhnlich kleinen Temperaturunterschiede wenig empfindlich.

Es wurde gemessen:

$$T\ 21-21{\cdot}75°$$

	λ	$n_D - n_\lambda$
Ka	767—770	+0·01807
Sr.....		+0·01142
Li.....	671	+0·01026
Ca	602	+0·00253
Na	589	—
Ca	559	—0·00623
Tl.....	535	—0·01025
Sr.....	461	—0·03313
Cs	456—458	—0·03512

In vielen Fällen läßt sich der Achsenwinkel infolge der Größe und der eintretenden Totalreflexion nicht direkt messen.

auch braucht man zur Messung des Achsenwinkels an Präparaten senkrecht zur Mittellinie größere Platten, welche man nur selten zur Verfügung hat.

Es wurde also hier jede Achse für sich bestimmt, indem Platten angeschliffen wurden, die annähernd senkrecht zur Achse sind und die Position der Achse zu der bekannten Plattennormale bestimmt wurde.

Die Methode, daß man Platten, an welchen eine Achse austritt, anschleift, die Lage der Plattennormale in bezug auf die Krystallachsen festsetzt und dann mit Hilfe verschiedener mikroskopischer Methoden die Lage der Achse zu der Plattennormale und den etwa sichtbaren Spaltrissen bestimmt, ist seit langer Zeit im Institut von Prof. Becke in Anwendung.

Wülfing bestimmt die Lage der einzelnen Achsen mit dem Achsenwinkelapparat, indem er die Neigung der in Luft austretenden Achsen zu der Plattennormale und noch einer anderen Fläche mißt.

Tschermak (l. c., 1871) bestimmte den Winkel zwischen der (100)-Fläche und der auf ihr austretenden Achse (in Hornblenden).

Hier wurde folgendes Verfahren angewendet: Es wurden Flächen angeschliffen, deren Normalen einen nur sehr kleinen Winkel mit der optischen Achse bilden; eine etwa ungenaue Kenntnis der Dispersion von β hat für die Messung der Dispersion der Achsen hier folglich fast keinen Einfluß. Die Einstellung des Präparates im Achsenwinkelapparat und Bestimmung der Position der Achse in bezug auf die Plattennormale geschah so, wie oben angeführt. Weicht die Plattennormale um einen kleinen Winkel von der Achsenebene ab, so wird der Ort der scheinbaren Achse in einer durch die Plattennormale und die »wahre« optische Achse bestimmten Ebene abgelenkt.

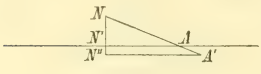


Fig. 1.

Die Verhältnisse sind stark übertrieben in Fig. 1 dargestellt. Ist die Achsenebene so eingestellt gewesen, daß sie parallel dem horizontalen Faden des Okulars vom Achsenwinkelapparat ist und liegt der Pol der Plattennormale (N) etwas höher oder tiefer, so messen wir den Abstand vom

reflektierten Bilde des vertikalen Fadens zu A', also $N''A'$ statt $N'A$ (A ist der Achsenpunkt). Aus dem Sinusverhältnis kann man leicht den Wert $N'A$ finden, wenn die Abweichung der Plattennormale, deren Projektion auf die Achsenebene der Punkt N' ist, und der Brechungsindex β bekannt sind.

Die Korrektur ist in der Regel äußerst klein und bei $NN' =$ zirka $20'$, $N'A < 1°$ kann sie vernachlässigt werden. Der Abstand cN' berechnet sich aus den Koordinaten von N. (C — Vertikalachse.)

Aus bekannten Brechungsindices berechnet man den Achsenwinkel, respektive aus zwei Brechungsindices und dem Achsenwinkel den dritten, wozu die Bartolinischen Formeln sehr geeignet sind. Bei kleiner Doppelbrechung machen sich geringe Unterschiede in den Brechungsindices sehr stark geltend.

Oft kommt aber der Fall vor, daß man nur den mittleren Brechungsindex β, die Doppelbrechung und den Achsenwinkel messen kann. Aus diesen Größen lassen sich aber auch die beiden anderen Brechungsindices ableiten.

Aus dem Ausdruck

$$\operatorname{tg} V_\alpha = \frac{\alpha}{\gamma}\sqrt{\frac{\gamma^2-\beta^2}{\beta^2-\alpha^2}} \qquad (1)$$

ergibt sich nach einiger Umformung:

$$\gamma^4 - 2C\gamma^3 + (C^2-\beta^2)\gamma^2 + (2C\beta^2\cos^2 V)\gamma - C^2\beta^2\cos^2 V = 0, \qquad (2)$$

$$\text{wo } C = \gamma - \alpha,$$

für optisch negative Krystalle.

Für optisch positive lautet die Gleichung:

$$\gamma^4 - 2C\gamma^3 + (C^2-\beta^2)\gamma^2 + (2C\beta^2\sin^2 V)\gamma - C\beta^2\sin^2 V = 0. \qquad (2')$$

Da man den Wert von γ und α ungefähr von vornherein kennt und nur die vierte Dezimale der Brechungsindices zu berechnen hat, so führt hier die Newton'sche Methode rasch zum Ziele. Nimmt man in (1) für γ als erste Annäherung den Wert $= a$ an, so ergibt sich die Korrekturgröße h, um den nächsten Annäherungswert $(a+h)$ zu bekommen, aus

$$h = -\frac{f(a)}{f'(a)}.$$

Eine kleine Ungenauigkeit in der Messung des Achsenwinkels, ebenso der Doppelbrechung macht hier nicht viel aus. So z. B. aus $2V_a = 79° 49'$, $\beta = 1{\cdot}6297$, $\gamma - \alpha = 0{\cdot}0271$ erhält man

$$\gamma = 1{\cdot}6410$$

Für einen Achsenwinkel von $2V = 80°$, der also um $11'$ fehlerhaft bestimmt würde, wurde γ nicht einmal um eine Stelle der vierten Dezimale größer ($1{\cdot}64106$).

Nimmt man $\gamma - \alpha = 0{\cdot}0270$, so ist der Unterschied in γ noch nicht nennenswert.

Der dem Fueß'schen Achsenwinkelapparat beigegebene Erhitzungskasten läßt sehr viel zu wünschen übrig; Laspeyres[1] hat gezeigt, daß die Temperaturdifferenz zwischen den Angaben der beiden Thermometer und eines an Stelle des Krystalls angebrachten bei 100° zirka 13° betragen kann.

Um die Wärmeabgabe des Apparates zu verlangsamen, wurde hier der Apparat mit einem Asbestfutteral umgeben.

Auf die Messung des Verlaufes der Änderung der Temperatur, wie dies öfter geschieht, wurde trotzdem verzichtet, die Beobachtung nur auf zwei Temperaturen beschränkt und die Ablesungen erst dann gemacht, nachdem die Thermometer längere Zeit dieselbe Temperatur zeigten. Schwankungen der Temperatur waren hier nicht zu verhüten. Es kommt hier aber nicht nur auf die Verschiedenheit der Temperatur an verschiedenen Stellen an, sondern es bedarf längerer Zeit, bis die Platte die Temperatur der Umgebung angenommen hat. Davon, wie lange es dauert, überzeugt man sich am besten bei dilatometrischen Versuchen; in einem dem von Benoît konstruierten analogen Dilatometer, in welchem die Platte bei konstanter Temperatur in zwei ineinander gestellten, gut schließenden, dicken, kupfernen Kasten eingeschlossen ist und die Änderung der Dicke der Luftschichte zwischen der Krystallplatte und einer plankonvexen Linse mittels Beobachtung der Interferenzstreifen im homogenen Licht gemessen wird, dauert es mindestens $1^1/_2$ Stunden nach der Erreichung der notwendigen

[1] Mineralogische Bemerkungen III, Z. f. K., I.

Temperatur, bis keine größeren Verschiebungen der Lage der Interferenzstreifen zu sehen sind.

Infolgedessen ist eine häufigere Ablesung der Winkelwerte noch während der Temperaturänderung zwecklos, auch wenn eine vollkommene Isolierung der Platte möglich wäre.

Beobachtet man die Änderung der Lage einer Achse zu der Plattennormale an einer beinahe senkrecht zur Achse geschnittenen Platte bei verschiedenen Temperaturen, so kann man die Position der Achse bei gegebener Temperatur ableiten, auch ohne die Änderung von β zu kennen, besonders an solchen Substanzen, wo diese Änderung gering ist, weil so kleine Änderungen der Brechungsexponenten bei der Reduktion von so kleinen scheinbaren Winkeln auf wahre, beinahe nicht zur Geltung kommen.

Man kann also $2V$ bei beliebiger Temperatur bestimmen. Beobachtet man außerdem den scheinbaren Achsenwinkel bei derselben Temperatur, so ergibt sich $\beta = \frac{\sin E}{\sin V}$ bei gegebener Temperatur. Dies ist natürlich nur dann anwendbar, wenn auch die Änderung des Achsenwinkels nicht sehr groß ist.

Die Änderung des Achsenwinkels von Gyps konnte ich mit gewöhnlicher Vorrichtung mit ausreichender Genauigkeit unmöglich verfolgen.

Außer den Bestimmungen mit dem Achsenwinkelapparat wurden auch die von Prof. Becke entwickelten mikroskopischen Methoden der Achsenwinkelmessung, besonders bei dunklen Hornblenden, verwendet, wie dies auch weiter angegeben ist.

Orientierte Präparate wurden mit Hilfe des Parallelschleifers von Fueß, später mit dem Apparat von Wülfing hergestellt.

An großen monoklinen Krystallen ist es zweckmäßig, die Untersuchung an einer Platte parallel (010) der Symmetrieebene anzufangen, weil man an einer solchen, wenn auch undurchsichtigen Platte die ganze Orientierung mit dem Totalreflektometer rasch finden kann: Brechungsindices, Achsenwinkel, Auslöschungsschiefe.

Bei Krystallen, deren optische Achsen in der Symmetrieebene liegen, braucht der Achsenwinkel nicht erst aus den Brechungs-

indices oder bloß aus dem Winkel der Totalreflexion (Viola) berechnet werden; er kann sofort durch Einstellung der Stellen, wo die veränderliche Grenzlinie die unveränderliche (die β entspricht) schneidet, am Horizontalkreise mit einer Genauigkeit von zirka 1° (bei Tremolit) abgelesen werden, was natürlich von der Doppelbrechung abhängig ist.

Der Pleochroismus wurde durch Angabe der für die entsprechende Schwingungsrichtung am meisten ähnlichen Farbe der Radde'schen Farbenskala sowie der Plattendicke charakterisiert. Doch sind die Eigenfarben zu eigenartig, um einen sicheren Vergleich zuzulassen und ohne genaue Messung der Durchlässigkeit für verschiedene Farben bei bekannter Dicke wird es schwerlich möglich sein, präzisere Angaben zu erhalten.

Um durch verschiedene Färbung der parallel γ und β schwingenden Strahlen in Amphibolen bei der Beurteilung der Intensitätsunterschiede nicht irregeleitet zu werden, muß man mindestens Farbenfilter anwenden.

Zur photometrischen Untersuchung wurde die von Königsberger[1] angegebene, später von Ites[2] benützte sehr genaue Methode gewählt, weil sie bei ihrer großen Genauigkeit an sehr kleinen Präparaten anwendbar ist.

Es wird hierbei die Intensität eines von den zwei gleich starken, senkrecht zueinander polarisierten Lichtbündeln durch Einschalten der zu untersuchenden absorbierenden Platte verändert und dann der zur abermaligen Herstellung der gleichen Intensität notwendige Drehungswinkel des Polarisators gemessen. Die Gleichheit der Intensität wird leicht und sicher erkannt, indem man die beiden Strahlenbündel wieder vereinigt und durch eine Savart'sche Platte durchgehen läßt. Die Interferenzstreifen, welche nur, wenn polarisiertes Licht

---

[1] Königsberger, Über die Absorption des Lichtes in festen Körpern. Habilitationsschrift der Universität Freiburg im Br., Leipzig 1900. — Über ein Mikrophotometer. Zeitschr. für Instrumentenkunde, 1901.

[2] Petrus Ites, Über die Abhängigkeit der Absorption des Lichtes von der Farbe in kryst. Körpern. (Von der philosophischen Fakultät der Universität Göttingen gekrönte Preisschrift.) Göttingen 1903.

durchgeht, bei Beobachtung mit einem Analysator entstehen, müssen bei gleicher Helligkeit beider Teile verschwinden.

Das Instrument, welches dem von Königsberger und von Ites verwendeten außer einigen Modifikationen wesentlich gleich war, sowie der Vorgang der Untersuchung möge hier beschrieben werden.

Als Montierungsstativ diente hier das Mikroskop von Fueß mit gleichzeitig drehbaren Nicols. Es eignet sich vorzüglich zu unserem Zwecke, weil man die Hauptbestandteile des Instrumentes nicht mittels einer besonderen Vorrichtung mit dem Montierungsinstrument zu verbinden braucht und sie einfach an den Mikroskoptisch festklemmen kann, wodurch beinahe jede Adaptierungsarbeit wegfällt. Auch kann man hier den Drehungswinkel des von dem Mikroskoptisch ganz unabhängig drehbaren Polarisators sehr bequem an dem neben dem Okular sich befindenden Teilkreis (auf 5′ genau) ablesen.

Der untere Nicol wird, um eine störende Ablenkung der Lichtstrahlen zu beseitigen, nach Königsberger durch ein Thomson'sches Prisma ersetzt. Die Beleuchtungslinse wurde abgeschafft.

Der Mikroskoptisch wird fest angeschraubt und an ihm die wesentliche Vorrichtung mit starken Klemmen befestigt.

Diese Vorrichtung besteht aus einer Metallhülse, in welcher eine planparallele Kalkspatplatte in drehbarer Fassung sich befindet. Die Kalkspatplatte ist so eingestellt, daß ihre glatten Spaltflächen senkrecht zur Hülsenachse liegen. Am Ende der Hülsenachse befindet sich eine Metallplatte, welche mit drei Schrauben mit einer zweiten ebensolchen so verbunden ist, daß durch Drehung der drei Schrauben die Hülsenachse und die Normale der Kalkspatplatte beliebig geändert werden kann. Zur Festhaltung der gewählten Stellung dienen noch zwei Schrauben, deren Windungen nur in der unteren Platte eingreifen und so die beiden Platten fest anziehen sollen.

In der Hülse befindet sich unter dem Kalkspat eine Blende, die mit Hilfe eines Stiftes um zirka 90° in ihrer eigenen Ebene gedreht werden kann. Als Blende wurde nach Siedentopf und Ites ein aus zwei kreisrunden gleichen Löchern bestehendes Doppeldiaphragma gewählt; der Abstand der Löcher

ist so gewählt, daß von den vier durch den Kalkspat gesehenen Bildern zwei (ein ordentliches und ein außerordentliches) bei entsprechender Stellung des Kalkspates zur Deckung gebracht werden.

Unter der Blende befindet sich eine mit einer Feder gut angedrückte Vorrichtung zum Einschieben von Schablonen, auf welchen die zu untersuchende Platte orientiert und unter eines der zwei Löcher gebracht wird.

Die Hülse wird mit der unteren Platte in beliebiger Stellung an den Mikroskoptisch festgeklemmt.

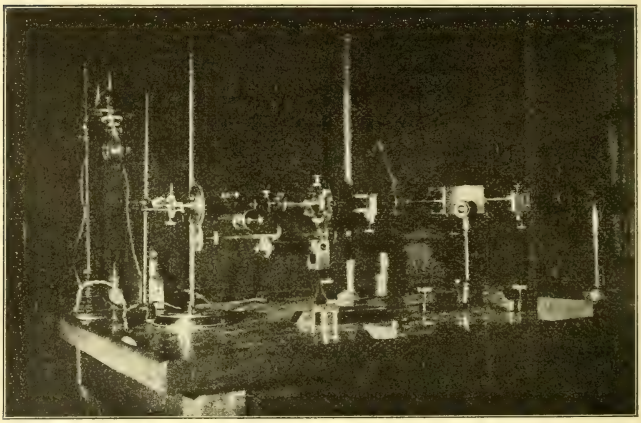


Fig. 2.

Am Mikroskoptubus wird nichts geändert. Die durch das Doppeldiaphragma durchgehenden Strahlen werden im Kalkspat zerlegt und mit dem Mikroskop (schwache Vergrößerung, Obj. 00) beobachtet.

Als Savart'sche Platte dienten zwei Quarzplatten von je 0·25 *cm* Dicke, entsprechend orientiert. Sie wurden aber nicht gleich oberhalb des Objektives eingeschoben, wobei die Beobachtung mit einem Fernrohr nötig wäre, sondern oberhalb des Okulars in der Fassung eines vom Mikroskop unabhängigen unbeweglichen Analysators befestigt.

Die Kalkspatplatte wurde mit Hilfe der Autokollimation, genauer nach der Königsberger'schen Methode nach Ites durch Aufsuchen derjenigen Stelle, für welche die Interferenzstreifen bei der Drehung des Polarisators um genau 180° verschwinden, zur Mikroskopachse senkrecht gestellt.

Die Schlittenvorrichtung des Mikroskoptisches erlaubt, Parallelverschiebungen des Instrumentes (somit dessen Zentrierung) leicht vorzunehmen.

Die Orientierung des Präparates, dessen Hauptschwingungsrichtungen dem Hauptschnitte der Kalkspatplatte parallel und senkrecht sein müssen, geschah ebenfalls in derselben Weise wie bei Königsberger und Ites.

Es wurde eine vollständig durchsichtige doppelbrechende Platte, deren Schwingungsrichtung parallel und senkrecht zu einer gut einstellbaren Kante sind (z. B. Anhydrit), vorerst annähernd unter einem anderen Mikroskop so eingestellt, daß, wenn der Kalkspat auf Dunkelheit eingestellt war, die Einschiebung der Platte keine Aufhellung bewirkte.

Das genaue Zusammenfallen der Hauptschnitte wird aber erst aus der Nichtbeeinflussung der Winkel, bei welchen die durch die Savart'sche Platte bewirkten Interferenzerscheinungen verschwinden, erkannt; wenn keine absorbierende Platte eingeschaltet ist, sollen diese Stellen um 90° voneinander entfernt sein.

Diese Lage wird durch vorsichtiges Drehen der Kalkspatplatte in ihrer Fassung erreicht; um die geforderte Lage der Bilder des Doppeldiaphragmas gegeneinander herzustellen, ist die Blende drehbar gemacht worden.

Nun braucht man nur den Winkel zwischen der Kante der Schablone und des Präparates zu messen und die doppelbrechenden Platten so einzustellen, daß ihre Hauptschwingungsrichtungen gleiche Winkel mit der Schablonenkante einschließen.

Als günstigste erwies sich diejenige Stellung der Blende, bei welcher die beiden untersuchten Bilder (o. und a. o.) sich vollständig decken, weil dann physiologische Fehler sich weniger geltend machen.

Die obere Blende (unter dem Okular) braucht nicht so stark angezogen werden, bis die beiden anderen verschwinden.

Das ganze Instrument wird horizontal gestellt.

Um homogene, gleichmäßige Beleuchtung zu erzielen, wurde, dem Beispiel Ites' folgend, vor dem Austrittspalt des Monochromators ein passendes Goniometerfernrohr eingeschaltet und ein kreisrundes Bild an dem Doppeldiaphragma entworfen.

Die Anordnung des Instrumentes illustriert Fig. 2.

Die nötigen Teile des Instrumentes sind in den Werkstätten der Firma Reichert in Wien ausgeführt worden.

Die photometrische Untersuchung konnte vorderhand nur an zwei Gliedern durchgeführt werden. Die diesbezüglichen Zahlen und sich ergebenden Schlüsse sollen in einer folgenden Schrift zusammengestellt werden.

Für stark absorbierende Krystalle hat das gewöhnliche Gesetz von Fresnel

$$\frac{m^2}{a^2 - V^2} + \frac{n^2}{b^2 - V^2} + \frac{p^2}{c^2 - V^2} = 0$$

keine Gültigkeit mehr und an seine Stelle kommt ein modifiziertes, wo an Stelle von a^2, b^2, c^2 (a Hauptfortpflanzungsgeschwindigkeit) komplexe Größen eintreten.

Ist die Absorption nur gering wie in Krystallen, die im durchgehenden Lichte noch untersucht werden können, so kann man das Quadrat des Absorptionsindex gegen 1 vernachlässigen und es ergibt sich, daß für solche Körper das Fresnel'sche Gesetz annähernd richtig bleiben sollte. Bloß in den Richtungen, die den optischen Achsen nahe liegen, wo die Differenz der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten sich $= 0$ nähert, gelten andere Gesetze wie sonst, die schwarze Isogyre ist in pleochroitischen Krystallen durch einen hellen Fleck unterbrochen, nur in den Stellungen, wo die Hauptschwingungen der Nicole und des Präparates zusammenfallen, ist der Balken schwarz.

Diese Folgerung der Theorie wurde auch bestätigt.

An dunklen Hornblenden, die sehr stark pleochroitisch waren, habe ich folgende Erscheinungen, die mit der Absorption in Zusammenhang zu bringen sind, beobachtet:

1. Die Grenze der Totalreflexion wird sehr undeutlich.

Wegen des starken Pleochroismus sieht man noch eine ziemlich scharfe Grenze für α, während man für γ entweder gar keine oder nur sehr verwaschene Grenze zu sehen bekommt. Die Erscheinung ist oft beobachtet worden.

In Becker's Krystalloptik (1903) ist die Intensität des reflektierten Strahles in Abhängigkeit von dem Einfallswinkel graphisch dargestellt für durchsichtige und absorbierende Krystalle von demselben Brechungsexponenten.

Die entsprechende Kurve, welche beim durchsichtigen Körper einen scharfen Knick zeigt, zeigt für absorbierende Krystalle nur eine Abrundung.

2. Die Erscheinungen, welche in polarisiertem Lichte zwischen gekreuzten Nicols mit Kompensator von Babinet beobachtet werden, zeigen große Unterschiede von den an durchsichtigen beobachteten.

Das gewöhnliche Verhalten durchsichtiger Krystallplatten ist folgendes: War die Marke auf den schwarzen (im weißen Lichte) Mittelstreifen vorher eingestellt, bevor die doppelbrechende Platte eingeschoben wurde, so bleibt er an seiner Stelle nach der Einschiebung der Platte nur dann, wenn die Hauptschwingungsrichtungen der Nicole und der Krystallplatte zusammenfallen (also in der Auslöschungsstellung). Dreht man die Platte von einer solchen Stellung um 45°, so erscheint der Kompensationsstreifen verschoben nach rechts, respektive links, je nachdem die optische Wirkung der Platte einer Verdickung oder Verdünnung der Quarzkeile gleichkommt. Dreht man die Platte in der entgegengesetzten Richtung, so wird der Kompensationsstreifen in der 45°-Stellung auf der entgegengesetzten Seite von der Marke sichtbar.

Stellt man eine Platte ⊥ 010 von Arfvedsonit ein, so sieht man bei scharfer Beleuchtung deutliche Interferenzstreifen, aber in keiner Stellung fällt der Kompensationsstreifen mit der Marke zusammen, er ist immer verschoben. Dies entspricht dem Mangel an Auslöschung. Ferner zeigt sich, daß die Verschiebung

immer in derselben Richtung erfolgt, also nur nach links oder nur nach rechts, und es gelingt nicht, den Kompensationsstreifen auf der anderen Seite der Nullstellung zu erhalten. Die Richtung der Verschiebung hängt ab von der Stellung der Nicols, von der Art des Aufliegens der Platte, ob die 010- oder die $0\bar{1}0$-Fläche am Mikroskoptisch aufliegt etc. Die sehr komplizierten Verhältnisse sollen später näher erörtert werden.

Unsymmetrische Verschiebung des Streifens auf beiden Seiten wurde bei mehreren schwarzen Amphibolen beobachtet, doch ist der Pleochroismus hier schwächer und offenbar die Abweichung vom gewöhnlichen Verhalten kleiner.

3. Im konvergenten Lichte zwischen gekreuzten Nicols wird folgendes beobachtet:

Schnitte aus der Orthozone lassen im allgemeinen die normalen Isogyren erkennen. Nur Schnitte senkrecht zu den Achsen zeigen in der ersten und zweiten Hauptlage ebenfalls scharfe Isogyren, bei Drehung des Präparates werden sie aber undeutlich in der Nähe der optischen Achse, sogar gänzlich durch einen hellen Fleck durchbrochen.

Ist die Doppelbrechung klein und muß man wegen starker Absorption sehr dünne Präparate anwenden, so wird der Austrittspunkt der Achse ganz unkenntlich. Diese Erscheinung in pleochroitischen Krystallen ist in den meisten Lehrbüchern theoretisch abgeleitet, wie erwähnt.

In den hier untersuchten Hornblenden treffen wir sie bei der H. v. Edenville, vom Vesuv, und vor allem ganz sonderbare Erscheinungen bei dem Arfvedsonit.

Platten .. der Symmetrieebene zeigen auch im homogenen parallel polarisierenden Lichte keine deutliche Auslöschung. Im weißen sieht man nur Farbenänderung (rötlichgelb-grün) infolge von großer Bisectricendispersion (von rot bis blau bis 20°), im monochromatischen sieht man nur ein Intensitätsminimum, aber keine vollständige Auslöschung.

Die Erscheinung kann nicht auf Zwillingsbildung zurückgeführt werden, weil solche an keinem Schnitt beobachtet wurde, und die gewöhnliche Art der Verzwilligung der Hornblende hier keinen Einfluß hätte (sie wurde aber auch nicht

beobachtet) und vor allem, weil die Erscheinung von der Wellenlänge des angewendeten Lichtes abhängig ist.

Für Blau und Grün ist das Intensitätsminimum noch gut einstellbar, während für Gelb nur ein sehr undeutlicher Intensitätsunterschied bei der Drehung der Platte wahrzunehmen ist, vorausgesetzt, daß man genügend starke Lichtquellen anwendet (starke Bogenlampe und Monochromator, starkes Na-Licht).

Die einfachste Erklärung dieser Erscheinung, daß in der Nähe der Normalen zu 010 die optischen Achsen austreten, stoßt nun auf Schwierigkeiten, denn im konvergenten Lichte, in welchem man hier den Austrittspunkt einer Mittellinie eines sehr kleinen Achsenwinkels zu beobachten hätte, sieht man überhaupt in keiner Stellung die ein schwarzes Kreuz bildenden Isogyren, nur in der Stellung der Platte, in welcher die Schwingungsrichtungen der Platte und der Nicols (für das betreffende Licht) zusammenfallen, erscheinen am Rande des Gesichtsfeldes schwarze Flecken; bei der Drehung der Platte verschwinden sie aber sehr rasch.

Legt man im Na-Licht auf eine Arfvedsonitplatte ein $^1/_4\,\lambda$-Undulationsblättchen, so daß die Schwingungsrichtungen der Platten beinahe übereinstimmen, so wird die Auslöschung bei gewisser Stellung der Platte vollständig.

Diese Erscheinungen sind hier angeführt, um die sich bietenden Schwierigkeiten zu zeigen. Die Erscheinungen als solche sollen erst näher untersucht werden. Es müssen hier aber schon andere Methoden in Anwendung kommen.

Chemische Untersuchung.

Bei der Ausführung der Analysen wurde der übliche Gang, wie er im Laboratorium Hofrat Ludwig im Gebrauch ist, befolgt. Es wurden auch Hinweise und Ratschläge von Hillebrand u. a. Leitfäden, und in den Arbeiten von Penfield und Morozewicz berücksichtigt.

Die Kieselsäure wurde in den fluorarmen Hornblenden in der gewöhnlichen Art bestimmt. In den fluorreichen Amphibolen von Pargas und Russel wurde sie in einer besonderen Portion nach der Methode von Berzelius bestimmt: die

Schmelze mit $K_2CO_3+Na_2CO_3$ nur mit heißem Wasser ausgezogen und der gelöste Teil der Kieselsäure durch Erwärmen mit $(NH_4)_2CO_3$ und endlich mit ammoniakalischer Zinklösung gefällt. Sonst läuft man Gefahr, daß die Alkalifluoride durch Abdampfen mit HCl am Wasserbad zersetzt werden und ein Teil der Kieselsäure als Siliciumfluorid verdampfen würde.

Die Trennung des Mangans von $Fe_2O_3+Al_2O_3$ geschah durch Kochen der neutralen Lösung mit Natriumacetat in einem Glaskolben. Das Mangan wurde nachher als Sulfid gefällt.

Bei der erwähnten Methode der Trennung des Mangans von $Al_2O_3+Fe_2O_3$ geht leicht ein Teil der Tonerde in die Lösung und fällt erst mit Mangan aus und es muß sehr vorsichtig umgegangen werden.

Bei geringeren Mengen von Mangan wurde deshalb zuerst der ganze Mangangehalt mit dem Eisen gesammelt, indem der nach der Fällung mit Alkalihydrat, respektive Ammon in der Lösung zurückgebliebene Rest durch Kochen mit Wasserstoffsuperoxyd ausgeschieden wurde. Der Fe_2O_3- und MnO-Niederschlag wurde in Säure aufgelöst und erst jetzt die Trennung mit Natronacetat vorgenommen.

Die Titansäure wurde kolorimetrisch bestimmt. Dem Nachteil der Methode, daß man, um Gleichheit der Intensität der Färbung mit freiem Auge beurteilen zu können, die Lösung sehr stark verdünnen muß, könnte leicht nachgeholfen werden, wenn man dazu irgend ein Photometer verwenden würde, etwa das vorher beschriebene, wo man aus dem Verschwinden der Interferenzerscheinungen die Gleichheit der Intensität ganz objektiv feststellen kann.

Es würde eventuell vielleicht auch bloße Bestimmung der Durchlässigkeit bei bekannter Dicke genügen, wenn man sich vorher aus Beobachtungen an bekannten Lösungen eine Kurve konstruiert hätte.

Die Niederschläge von Al_2O_3, Fe_2O_3 waren selbstverständlich zweimal gefällt.

Die Trennung von FeO und Fe_2O_3 geschah entweder nach der Methode des Aufschließens mit H_2SO_4+HFl im zugeschmolzenen Rohr oder nach der Pebal-Doelter'schen Methode.

Auch der Niederschlag von CaO muß wegen des hohen MgO-Gehaltes der Hornblenden zweimal gefällt werden, besonders wenn man mit geringen Flüssigkeitsmengen arbeitet. Bei der Trennung von Na_2O von K_2O wurden die neulich von Morozewicz hervorgehobenen Vorsichtsmaßregeln befolgt. (Anz. d. Akad. d. Wiss. in Krakau 1906.) Die Fl-Bestimmung geschah nach den Vorschriften von Penfield und Minor (Am. J. XLVII).

Die Wasserbestimmung bot hier beträchtliche Schwierigkeiten. Die einzige mir zugängliche brauchbare Methode ist hier die von Sipöcz durch Zerlegen der Substanz in einem Platinschiffchen mit $K_2CO_3Na_2CO_3$ in einem Porzellanrohr, durch welches trockene Luft langsam streicht. Das mitgerissene Wasser wird in einem Absorptionsrohr aufgenommen. Bei Anwendung von Methoden, nach welchen die Hornblende bloß in einer Glasröhre erhitzt und nicht zersetzt wird, kann man nicht sicher sein, ob der ganze Wassergehalt tatsächlich abgegeben wurde. Ein Gooch'scher Platintiegel stand mir nicht zur Verfügung.

Nach der Sipöcz'schen Methode erhielt ich aber immer Wasser, auch wenn keine Substanz im Platinschiffchen sich befand. Die Luft vom Gasometer wurde durch mehrere Trockenvorrichtungen mit H_2SO_4 geführt, die Kautschukstöpsel sicher nicht über 100° erwärmt. Das verwendete Natronkalicarbonat vor dem Versuche geschmolzen, rasch gepulvert, mit der Substanz vermengt und zirka 4 Stunden bei 130° C. getrocknet. Das Porzellanrohr früher gut gereinigt und ausgeglüht. Der Wasserüberschuß war aber nicht wegzubringen. Er war ziemlich konstant und betrug bis 0·003 *g* pro Stunde.

Schließlich wurde in der Weise verfahren, daß nach dem Versuch ein Nebenversuch ohne Substanz in derselben Weise gemacht wurde und die Korrektur vorgenommen.

Spezielle Untersuchungen.

Der Übersichtlichkeit wegen wurden hier die Amphibole in folgenden Reihen behandelt:

I. Einfache Verbindungen. II. Doppelsalzreihen.

1. Tremolit—Aktinolith. 2. Tremolit—Pargasit. 3. Pargasit—Gemeine Hornblende. 4. Basaltische Hornblende. 5. Eisenalkalireiche Glieder.

Eine scharfe Trennung einzelner Reihen ist unmöglich, weil nicht nur zwei, sondern mehrere Silikate nebeneinander in derselben Hornblende vorkommen; doch scheint die Trennung der Gruppe I von II in den Eigenschaften dieser Körper berechtigt zu sein.

In Gruppe II ist die von Tschermak u. a. angenommene Trennung der Tremolitsilikate von den aluminiumreichen Hornblenden in der Natur scharf ausgeprägt.

Von einfachen Metasilikaten ist die Magnesiumverbindung rhombisch als Anthophyllit, monoklin als Kupfferit bekannt. Eine rhombisch krystallisierende optisch positive Verbindung von der Zusammensetzung $MgSiO_3$ mit

$$\gamma = 1{\cdot}591 \pm 0{\cdot}003,\ \beta = 1{\cdot}585 \pm 0{\cdot}004,\ \alpha = 1{\cdot}578 \pm 0{\cdot}003,$$
$$\gamma - \alpha = 0{\cdot}013$$

mit eingewachsenen monoklinen Partien mit $c : \gamma = 3$ bis 6° wurde künstlich von Allen, Wright und Clement[1] dargestellt und untersucht. Pleochroismus γ braun $> \alpha$ (lichter), sp. G. = 2·857.

Der Antophyllit zeigt nach vorhandenen, zwischen einander sehr stark differierenden Angaben viel höhere Brechungsindices (β über 1·63) und einen Achsenwinkel von zirka 90°.

Über die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung bekommt man noch kein klares Bild. Während man gewöhnlich annahm, daß die eisenreicheren Gedrite einen kleineren Winkel der optischen Achsen wie die reinen Antophyllite zeigen, wie dies aus den Untersuchungen von Des Cloiseaux folgte, fand Ussing[2] gerade das Umgekehrte und es würde hier der negative Achsenwinkel mit dem Eisengehalte zunehmen.

Der hohe Wassergehalt der in der Tabelle von Ussing zusammengestellten Amphibole kann aber eine beträchtliche Wirkung ausüben (vgl. Hlawatsch, l. c.).

---

[1] Am. Journ. of Sc., vol. XXII, November 1906.

[2] Z. f. K., XV, p. 611.

Das Calciumsilikat ist als Amphibol noch nicht bekannt. Es gibt eine Reihe von Amphibolen, welche als Mischungen von $\overset{II}{R}SiO_3$ betrachtet werden, in welchen besonders das Eisenoxydulsilikat vorwiegt. So z. B. die schwedischen: Dannemorit, Asbeferrit, Hillangsit, Silfbergit; der Cummingtonit von Massachussets.

Genauer wurde hier nur das Eisenoxydulsilikat untersucht, der Grünerit.

Grünerit von La Mallière bei Collobrières, Dép. du Var (M. J., 3409).

Dieses Mineral, stammend aus der Umgebung von Collobrières in den Montagnes des Mores, wurde im Jahre 1847 von Grüner[1] analysiert. Er fand:

SiO_2	Al_2O_3	FeO	MgO	CaO
43·90	1·90	52·20	1·10	0·50

Es galt längere Zeit für Pyroxen, bis es von Rammelsberg auf Grund Grüner's Analyse der Amphibolgruppe zugeteilt wurde. Die Vermutung, daß hier ein Amphibolmineral vorliegt, hat schon Des Cloiseaux ausgesprochen.

Eine genauere Untersuchung verdanken wir erst Lacroix (Bull. Soc. min., 9, p. 40 [1886]), welcher an einem größeren Krystall die optischen Eigenschaften des Grünerits bestimmte:

Auslöschungsschiefe $c:\gamma = 11$ bis $15°$. Doppelbr. $n_g - n_p = 0{\cdot}056$. $2E = 95°$. Disp. d. A. $v > \rho$.

Pleochroismus schwach n_g hellbraun. n_m, n_p farblos. Sp. G. 3·713.

Durch Messung des Spaltwinkels mm $55^1/_2°$ wurde jeder Zweifel über die Zugehörigkeit dieses Minerals beseitigt. Es zeichnet sich durch sehr feine Verzwilligung nach (100) aus.

Leider haben wir von der chemischen Zusammensetzung des untersuchten Materials keine genauere Kenntnis. Dem ist auch zuzuschreiben, daß in der Mehrheit der mineralogischen Handbücher der Grünerit nicht als sicher angenommen und

[1] Compt. rend., XXIV.

auf die Notwendigkeit der nochmaligen Untersuchung dieses Minerals hingewiesen wird.

Die von mir untersuchte Stufe ist ein radial faseriges, asbestförmiges Aggregat eines hellgelblichen Minerals mit Magnetit und zahlreich eingestreuten Granatkörnern.

Unter dem Mikroskop zeigt das gelbliche Mineral eine äußerst feine, lamellare, durch Zwillingsbildung verursachte Absonderung nach (100). Weniger häufig erhält man durch Zerdrücken des Minerals Plättchen nach (010) durch ungemein feine Zwillingslamellen nach (100), die eine schiefe Auslöschung erweisen, kenntlich gemacht.

Die optische Untersuchung konnte nur an dem in einer Flüssigkeit von ungefähr gleichem ($= \beta$) Brechungsindex eingetauchten, durch Zerdrücken des Minerals erhaltenen Schuppen durchgeführt werden und ergab:

Achsenebene $\parallel$ der Längserstreckung $\mid$ (010).
Auslöschungsschiefe $c : \gamma_{Na} = 10$ bis $11°$. Opt. (—).

Brechungsindices:

	γ	β	α	$\gamma - \alpha$
Na	1·717 (2)	1·697 (5)	1·672 (0)	0·045

Die Bestimmung wurde nach der Immersionsmethode im Jodmethylen sowie zur Kontrolle im Bariumquecksilberjodid vorgenommen und mehrmals wiederholt. Die einzelnen Bestimmungen differieren kaum um 0·0005 voneinander und die dritte Dezimale dürfte richtig sein.

An einem Plättchen $\parallel$ (100) von einer Dicke von zirka 0·035 *mm* wurde $\gamma' - \beta = 0{\cdot}019$ mit dem Babinet'schen Kompensator gemessen.

Die Höhe der Doppelbrechung konnte wegen der Unsicherheit der Dickemessung mit dem Kompensator hier nicht gemessen werden. Als sehr angenäherte Kontrolle kann man aber unter Vernachlässigung der Dispersion die Interferenzfarbe einzelner Spaltblättchen $\mid$ (010) benützen unter Zuhilfenahme der M. Lévy'schen Farbentafel und der Verschiebung des Kompensationsstreifens; an einer, das Hellgrün zweiter Ordnung zeigenden Platte wurde eine Verschiebung des Kompensationsstreifens $L_{Na} = 7{\cdot}54$ beobachtet.

Hieraus ergibt sich unter Annahme der früher angegebenen Doppelbrechung $\gamma - \alpha = 0{\cdot}015$ die Plattendicke zu $d = 0{\cdot}0167\ mm$ (Pl. I).

Nach der M. Levy'schen Farbentafel ist für dieselbe Doppelbrechung zur Erzeugung dieser Interferenzfarbe eine Plattendicke $d = 0{\cdot}0175$ (zirka) notwendig.

An einer anderen Platte (II), welche das Braun erster Ordnung zeigt, wurde nach der zuerst besprochenen Art eine Dicke $d = 0{\cdot}0105$, nach der Farbentafel aber über $0{\cdot}009$ gefunden.

Die Dispersion der Doppelbrechung stark: $v > \rho$.

	I. Platte	II. Platte
Rot (ung. Li)	0·0434	0·0435
Na	0·045	0·045
Blaues Glas	0·0475	0·0468

Der Achsenwinkel wurde nach der Becke'schen Methode mit dem Zeichentisch an etwas geneigten Plättchen nach (100), an welchen eine Achse und Mittellinie α sichtbar waren, bestimmt. Es ergab sich $2V = 80°$ bis $84°$, im Mittel $82°$. Die leicht in das Gesichtsfeld des Mikroskopes hineinzubringende Achse (offenbar A) zeigt eine starke Dispersion $\rho > v$ um α.

Der aus den angegebenen Brechungindices berechnete Achsenwinkel ist $2V = 81° 30'$.

Im allgemeinen werden also die Angaben von Lacroix bestätigt, wenn auch der numerische Betrag der Doppelbrechung geringer, der Achsenwinkel dagegen viel größer gefunden wurde. Bezüglich der Dispersion des Achsenwinkels ist in der Originalarbeit von Lacroix $v > \rho$, im Werke »Mineraux de roches« von Lacroix und M. Lévy und »Min. de France« dagegen $\rho > v$ angegeben, worauf schon Rosenbusch-Wülfing hinwiesen.

Zur chemischen Untersuchung wurde das Material erst mit einem sehr starken Magnet vom Magnetit befreit und nachher unter dem Mikroskop nur die reinsten Splitter ausgesucht.

SiO_2	47·17	0·787	
TiO_2	—	—	
Al_2O_3	1·00	0·010	0·017
Fe_2O_3	1·12	0·007	
FeO	43·40	0·604	0·837
MnO	0·08	0·001	
CaO	1·90	0·034	
MgO	2·61	0·065	
K_2O	0·07	0·001	
Na_2O	0·47	0·007	
H_2O	2·22	0·123	
F_2	0·07	0·002	
	100·11		
$O = F_2$	03		
	100·08		

Sp. G. $= 3{\cdot}518 \pm 0{\cdot}01$ (Pyknometer).

Würde man den ganzen FeO-Gehalt als $FeSiO_3$ rechnen, so ergäbe sich 80% $FeSiO_3$.

Rechnet man die gewöhnlich angenommenen Silikate aus, so das Natriumalumosilikat unter Zugrundelegung des Natrongehaltes, die beiden Aktinolithsilikate, wobei man erstens als Ausgangspunkt den Magnesiagehalt nimmt, das eisenhaltige Glied aber unter Zugrundelegung des übrig gebliebenen CaO-Gehaltes berechnet, so bekommt man:

$Na_2Al_2Si_4O_{12}$	3·35
$CaMg_3Si_4O_{12}$	9·05
$CaFe_3Si_4O_{12}$	6·21
$Fe^{III}Fe_2^{III}SiO_6$	2·04
$FeSiO_3$	73·85

[1] Wie bei Penfield und Stanley (l. c.) wurde auch in dieser Untersuchung $H = 1$ angenommen.

Einen großen Teil des Wassergehaltes kann man in der Metasilikatformel mit der übrig gebliebenen Kieselsäure nicht verbinden, was in Betracht der asbestförmigen Beschaffenheit des Minerals erklärlich ist.

Nachdem der Grünerit eine äußerst feine Verzwilligung nach (100) aufweist, so liegt die Frage nahe, ob sich der Unterschied des von mir und von Lacroix gemessenen Achsenwinkels nicht auf Beeinflussung durch Zwillingsbildung zurückführen ließe. Der größere, von Lacroix gemessene Krystall könnte eventuell ein versteckter Zwillingsstock sein.

Die Frage ist nun, ob und in welcher Weise die Lage der Achsen durch solche Zwillingsbildung beeinflußt werden kann.

Es handelt sich hier nicht um Kombination zweier Platten gleicher Dicke in Zwillingsstellung, sondern um die Eigenschaften einer aus außerordentlich dünnen, abwechselnden, sich in Zwillingsstellung befindenden Lamellen zusammengesetzten Säule, welche annähernd das Verhalten eines einheitlichen Krystalls zeigen wird.

Die Mallard'sche Methode der Berechnung der optischen Eigenschaften isomorpher Mischungen, welche eben wegen der angenommenen Inhomogenität der Mischkrystalle nicht ganz stichhältig ist, ist hier vorwurfslos anwendbar.

Nach Mallard kann man die optischen Eigenschaften eines Mischkrystalls durch ein Elastizitätsellipsoid darstellen, dessen Radiusvektor $R = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2}{m_1 + m_2}$, wo m_1, m_2 die Mengen der sich mischenden Substanzen und r_1, r_2 die entsprechenden Radienvektoren der optischen Elastizitätsellipsoide sind. Dieselbe Regel gilt auch für die Schnittellipsen der betrachteten Ellipsoide.

Der geometrische Ort der Achsen der Mischkrystalle ist nach Michel Lévy, welcher die Mallard'sche Theorie zum Ausgangspunkte seiner Betrachtungen genommen, durch die sogenannte Isopolarisationskurve (und zwar den Abschnitt mit gekreuzten Auslöschungsrichtungen) gegeben. Für eine bestimmte Mischung ergibt sich der Ort der optischen Achsen aus der Lage des durch Superposition der beiden Elastizitätsellipsoide der Endglieder entstandenen Kreisschnittes. Die

durch Superposition der beiden Elastizitätsellipsoide entstandene Fläche ist streng genommen eine achten Ranges, bei schwacher Doppelbrechung aber ist die Abweichung von den Fresnel'schen Gesetzen nicht groß.

Der Kreisschnitt ist für eine beliebige Mischung durch die Bedingung: $m_1(\gamma_1'-\alpha_1') = m_2(\gamma_2'-\alpha_2')$ gegeben.

F. Becke[1] wandte die Ideen von M. Lévy und Wulf graphisch in der Weise an, daß er die Isopolarisationskurven in eine Gerade entwickelt und die Doppelbrechungskurven konstruiert. Die Abszisse (die entwickelte Isopolarisationskurve) gibt die Lage des betrachteten Punktes, die Ordinate die Doppelbrechung für den betreffenden Schnitt für die beiden Endglieder an. Dort, wo die Doppelbrechungskurven sich schneiden, ist die resultierende Doppelbrechung $= 0$; dort ist der Ort der optischen Achse.

In unserem Falle eines Zwillings können wir die Stärke der Doppelbrechung für beliebige Richtung in derselben Art bestimmen. Nach Vorgang von Becke wurde zur Berechnung der Doppelbrechung für irgend einen Punkt S des einfachen Krystalls die angenäherte Formel $(\gamma'-\alpha') = (\gamma-\alpha) \sin SA \sin SB$, in welcher SA und SB die Winkel des betreffenden Punktes mit den beiden Achsen sind, benützt. Nur kann man hier die Größe $\gamma-\alpha$ weglassen, weil sie in beiden Gliedern dieselbe ist. Für die in der Zwillingsebene liegenden Schwingungsrichtungen ist der Gangunterschied derselbe.

Der Verlauf der Gangunterschiedskurven muß auf beiden Seiten der Zwillingsebene ein symmetrischer sein. Siehe Fig. 2.

Es ist zu bemerken, daß, nachdem für (100) die gleichnamigen Auslöschungsrichtungen zusammenfallen, die entsprechenden Doppelbrechungen hier auf derselben Seite der Abszissenachse aufgetragen wurden.

Dort, wo die Resultierende der Gangunterschiedkurven der beiden Individuen die Abszisse schneidet, ist der Ort der Achse. Durch solche Zwillingsbildung würde also der Grünerit rhombische Symmetrie erhalten. Die erste Mittellinie würde natürlich $\perp$ zu (100) liegen.

[1] Becke, Die optischen Eigenschaften der Plagioklase. Tscherm. Min. Mitt., XXV, H. 1 bis 3, 1906.

Wie aus der Konstruktion ersichtlich, könnte in einem monoklinen Krystall (Achsenebene in der S. E.) durch Verzwilligung nach einer Fläche aus der Zone [010] die Position der Achsen eine beträchtliche Änderung erfahren, indem eine Achse nach der Richtung der c-Achse, die andere Achse aber zu (100) verschoben würde.

1. Die Änderung des Achsenwinkels ist bei sonst gleichen Verhältnissen von der Größe desselben im einfachen Individuum abhängig; je kleiner $2V$ um α, also je größer $\beta-\alpha$, desto mehr wird die Größe des Achsenwinkels durch die innige Verzwilligung beeinflußt. Bei $2V = 90°$ würde gar keine Änderung eintreten.

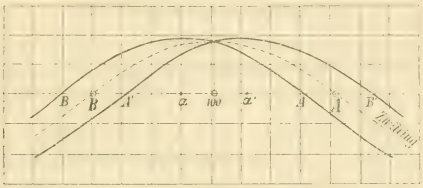


Fig. 3.

Die Abszisse BA gibt den Winkelabstand einzelner Punkte aus der Orthozone an. Die Ordinate — die Doppelbrechung.

2. Wir sehen ferner, daß der Betrag der Verschiebung der Achsen von der Auslöschungsschiefe abhängig ist, was ohne weiteres verständlich ist, weil zur Erlangung der rhombischen Auslöschungsschiefe die Mittellinie sich um den Betrag der Auslöschungsschiefe auf (100) verschieben muß. Die Größe der Änderung des Achsenwinkels ist ebenfalls durch die Auslöschungsschiefe φ begrenzt, indem sie zwar von der Größe $\gamma-\beta$ und $\beta-\alpha$ abhängig, das Maximum der Änderung aber durch den Betrag 2φ gegeben ist.

Beim Grünerit würde der Achsenwinkel sehr wenig geändert, $2V = 81°$ statt $82°$ bei einfachen Krystallen.

Hieraus ergibt sich, daß das von Lacroix untersuchte Material eine etwas verschiedene chemische Zusammensetzung hatte.

Die Analyse von Grüner zeigt mehr FeO, dagegen weniger CaO, MgO wie in dem hier untersuchten Mineral, was ebenfalls für Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung sprechen würde.

Nachdem der Grünerit von Lacroix einen höheren mittleren Brechungsindex 1·73 (M. Lévy und Lacroix), höhere Doppelbrechung und größeres spezifisches Gewicht hatte, so könnte man annehmen, daß er eisenreicher war. Übrigens können hier auch chemische Veränderungen, Oxydation zu Fe_2O_3 etc. mitspielen.

Durch Glühen in der Luft am Platindeckel wird dieses beinahe ungefärbte Mineral momentan schwarz, in dünnen Schichten im durchgehenden Licht braunrot mit sehr starkem Pleochroismus $\gamma > \beta$.

Tremolit-Aktinolithreihe.

Im Werke Rosenbusch-Wülfing's sind die optischen Eigenschaften von fünf Tremoliten angeführt: zwei von St. Gotthard nach M. Lévy und Lacroix, ferner der Tremolit von Skutterud nach Penfield und von Gouverneur und Felső Sebes nach Zimányi. Keine von diesen Bestimmungen scheint sich auf chemisch untersuchtes Material zu beziehen. Näheres über die Originalarbeit von Penfield konnte ich nicht erfahren.

Zimányi bestimmte bekanntlich nur die Brechungsindices (mit Totalreflektometer von Kohlrausch).

Der Achsenwinkel des Gottharder Tremolits zeigt eine Differenz von zirka 7° gegenüber dem von Skutterud. Große Differenzen bestehen auch in der Doppelbrechung und den Brechungsindices.

Tremolit von der Schweiz.

Der reinste der hier untersuchten Tremolite ist ein Schweizer Tremolit (M. J. 1050); Fundort: Schweiz, näher nicht angegeben, aber zweifellos liegt hier ein Campo Longo-Tremolit vor.

Es sind größere Krystalle im krystallinen Kalk eingesprengt. Sie zeigen eine für die Tremolite so charakteristische Trübung, stellenweise aber sind sie ganz rein und klar, vollkommen farblos. Die Trübung ist nicht, wie man annehmen könnte, durch Luftporen bewirkt, sondern durch zahlreiche Calciteinschlüsse verursacht. Es scheint, daß die überhaupt so häufige Trübung der Tremolite aus krystallinen

Kalken durch Calciteinschlüsse bewirkt wird; auch sonst pflegen die in körnigen Kalken eingewachsenen Hornblenden, z. B. Pargasit, unregelmäßig eingestreute Calciteinschlüsse zu führen. Das ist auch erklärlich, da die hier in Betracht kommenden Kalke der krystallinen Schieferformation angehören, in welcher nach den Untersuchungen Becke's u. a. alle Bestandteile gleichzeitig entstanden sind; Calcit und Hornblende waren also gleichzeitig krystallisations- und wachstumsfähig.

Die Analyse des sorgfältig mit verd. HCl gereinigten Materials ergab:

SiO_2	58·22	0·971	
TiO_2	—	—	
Al_2O_3	1·37	0·013	
Fe_2O_3	0·04	—	
FeO	0·61	0·009	
MnO	0·04	—	
MgO	23·97	0·592	
CaO	12·95	0·233	
K_2O	0·04		0·963
Na_2O	0·24	0·004	
H_2O	2·17	0·121	
F_2	0·17	0·004	
	99·82		
$O = F_2$	0·07		
	99·75		

Sp. G. = 2·980

Die optischen Konstanten sind:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\alpha$
671	1·5970	1·6123	1·6241	0·0271	15°29'	65°37'	34°40'	79°43'
589	1·6000	1·6155	1·6272	0·0272	15 25	65 36	34 46	79 38
535	1·6030	1·6189	1·6305	0·0275	15 20	65 34	34 54	79 32
476					15 16	65 31	35 01	79 26
455					15 13	65 31	35 09	79 20

λ	β	Dispersion von $\gamma-\alpha$ (Babinet)	
668	1·6109 ($\pm$ 0·0002)	668	0·0267
648	1·6120	589	0·0268
589	1·6153	538	0·0271
507	1·6195	440	0·0279
488	1·6215		

Die Untersuchung war durch die besprochenen Calcit-einschlüsse erschwert.

Die gefundenen Brechungsindices sind durchwegs kleiner wie die von M. Lévy und Lacroix gefundenen.

$\alpha = 1{\cdot}609$, $\beta = 1{\cdot}623$, $\gamma = 1{\cdot}635$, $c:\gamma = 15°$ im Tageslicht
$\beta = 1{\cdot}622$ » $2V = 88°15'$

Tremolit von Albrechtsberg, Niederösterr. Waldviertel.

Dem Schweizer Tremolit schließt sich nahe an ein Waldviertler mit hellgrünlicher Farbe. Er wurde mir von Hofrat Tschermak zur Untersuchung anvertraut, welcher dasselbe Material chemisch untersuchte.

Die Analyse von Tschermak ergab, daß hier ein sehr reiner Tremolit vorliegt, der aber einen Betrag von 1·98% FeO, also eine geringe Menge von Aktinolithsilikat beigemengt enthält.

Dies äußert sich schon in der Farbe.

Die an zwei Platten erfolgte Bestimmung der Brechungsindices ergab:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$2V_\alpha$ berechnet
671	1·6014	1·6165			
589	1·6044	1·6198	1·6315	0·0271	82° 30′
535	1·6071	1·6229	1·6348	0·0277	

Messung der Dispersion der Doppelbrechung mit dem Kompensator:

λ	$\gamma - \alpha$
668	0·02684
589	0·02709
535	0·02739
512	0·02754
488	0·02784
434	0·02797

Die Position der Achsen konnte hier nicht direkt bestimmt werden, weil die Spaltflächen wegen Neigung des Minerals zur Faserbildung zu schlecht waren, um eine genauere Orientierung einer Platte auszuführen.

Es wurde deshalb ein Dünnschliff so geführt, daß man eine Achse und Mittellinie im Gesichtsfeld hatte, und die mikroskopische, sehr beiläufige, weil mit dem Immersionsobjektiv ausgeführte Messung ergab $2V_\alpha$ ca. $= 82°$.

Die Dispersion der Achse A: $\rho > v$ um α deutlich.
» » » B: viel schwächer, folglich $c:\gamma_\rho > c:\gamma_v$.

Aktinolith von Pierrepont (M. P. J. 936).

Von Pierrepont befindet sich im Mineralogisch-petrographischen Institut eine Druse mit prachtvollen großen Krystallen (bis 3 *cm* in die Breite) in einem Gemenge von kleinen (mit Kalk).

Eine Analyse der grünen Krystalle von Haefcke (Diss. Göt. 1890, Hintze) ergab: SiO_2 55·90, Al_2O_3 1·29, Fe_2O_3 0·78, FeO 2·33, MgO 22·96, CaO 12·25, K_2O 0·66, Na_2O 1·24, Fl 0·62, H_2O 1·98, sp. G. 3·031).

Die Krystalle, die dunkelgrün im auffallenden Lichte erscheinen, sind mit einer hellen, gelblichgrünen Farbe durchsichtig; die Intensität der Färbung steht dem Zillertaler Aktinolith bedeutend nach.

Der Pleochroismus ist sehr stark; bei einer Plattendicke von zirka 1 *mm* ist γ gelblichmeergrün (die Farbe hat keine ähnliche in der Farbenskala von Radde). α hellgelb, entspricht jedenfalls einer *v*-Intensität der Farbenskala).

Im Na-Licht ergab sich:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	$2V_\alpha$	cA	cB
589	1·6065	1·6210	1·6319	0·0254	16°54′	84°05′	64°51′	31°04′

Dispersion der Achse B: stark $\rho > v$.
» » » A: keine oder Spur von $v > \rho$.

Aktinolith von Zillertal, Greiner.

Zur Untersuchung eines typischen Aktinoliths bot sich vor allem das allgemein bekannte Vorkommen vom Greiner in Zillertal an.

Zur Zeit der Untersuchung waren nur die drei von Hintze angeführten Analysen bekannt, von denen zwei von Beaudant sich offenbar auf eine gemeine Hornblende beziehen, und nur die Analyse von Rammelsberg sich auf den Aktinolith zurückführen ließ. Die Untersuchung von Penfield und Stanley war noch nicht erschienen.

Es wurden sehr reine, durchsichtige Krystalle ausgesucht, die noch vorhandenen Magnetiteinschlüsse wurden mit Hilfe eines starken Magneten weggeschafft, so daß vollständig reines Material verwendet wurde.

Die Analyse ergab:

SiO_2	56·38	0·941	0·941
TiO_2	—	—	
Al_2O_3	1·23	0·001	0·002
Fe_2O_3	0·15	0·001	
FeO	5·26	0·073	0·958
MnO	0·30	0·004	
CaO	12·41	0·222	
MgO	21·74	0·538	
K_2O	0·22	0·002	
Na_2O	0·48	0·008	
H_2O	1·96	0·109	
F_2	0·09	0·002	
	100·22		
$F_2=O$	0·04		
	100·18		

Geht man von der Zahl für (FeMn)O aus, so berechnet sich 0·204 $Ca(FeMn)_3Si_4O_{12}$, 1·453 $CaMg_3Si_4O_{12}$, also ungefähr 1 : 7.

Sp. G. der reinen Stücke $\left.\begin{matrix}3{\cdot}042\\3{\cdot}046\end{matrix}\right\} = 3{\cdot}044.$

Penfield und Stanley geben an 3·047, Rammelsberg 3·067, nach Goldschmidt 3·041.

Die optische Untersuchung ergab:

	α	β	γ	$\gamma-\alpha$ [1]	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\alpha$
671					16°35'	66°32'	33°22'	80°06'
589	1·6139	1·6297	1·6410	0·0271	16 31	66 35	33 35	79 49
492					16 18	66 38	34 03	79 19
478					16 16	66 39	34 08	79 13

Die Brechungsindices α und γ wurden wegen Kleinheit der zur Verfügung stehenden Krystalle nicht direkt bestimmt, sondern in der p. 893 angegebenen Weise berechnet.

Die Dispersion von β ist:

λ	$\beta_D-\beta_\lambda$
668	+0·0027
648	+0·0023
637	+0·0017
617	+0·0014
589	—
538	−0·0032
488	−0·0067
480	−0·0072
464	−0·0105
452	−0·0119
444	−0·0138
ca. 431	−0·0147

Dispersion von $\gamma-\alpha$:

λ	$\gamma-\alpha$
668	0·0270
589	0·0274
488	0·0280
464	0·0283
444	0·0284

[1] Mittelwert.

Beim Erwärmen ändert die Achse A ihre Lage beinahe gar nicht, die Achse B stärker, aber nicht so stark wie beim Pargasit (mit einem kleinen Achsenwinkel). Es wurde beobachtet bei 160° eine Änderung der Lage der Achse A um zirka 4′, der B um 0° 27′.

T	λ	cA	cB	$c\gamma$	$2V_\alpha$
160	589	66° 39′	34° 2′	16° 19′	79° 18′

Der Sinn der Änderung der ersten Mittellinie ist derselbe wie beim Pargasit.

Die Brechungsindices wurden also höher gefunden wie nach älteren Angaben:

Zimányi ..... $\alpha = 1{\cdot}6116$, $\beta = 1{\cdot}6270$, $\gamma = 1{\cdot}6387$ (Na)
M. Lévy und Lacroix ..... $\alpha = 1{\cdot}611$, $\beta = 1{\cdot}627$, $\gamma = 1{\cdot}636$

Nachdem dieses Material auch zur Untersuchung der Absorptionsverhältnisse gedient hat und es von Wichtigkeit war, zu prüfen, wie groß die Homogenität ist, wurde der Brechungsindex β noch an drei Prismen bestimmt, von welchen eines so geschnitten wurde, daß die brechende Fläche senkrecht zu (010) war; die anderen waren Spaltprismen. Die Unterschiede sind sehr gering (0·0002), das Material also ganz homogen.

Es wurde nun eine andere Stufe (M. J. 1044) von diesem Fundort ausgesucht, mit großen Krystallen, welche man bequem mit dem Totalreflektometer untersuchen konnte.

Die Paragenese dieser Krystalle war genau dieselbe (im Talk eingewachsen). Die Krystalle erschienen aber dunkler. Die gefundenen Brechungsindices sind bedeutend höher wie die der vorher untersuchten Krystalle.

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$2V$ ber.
589	1·6209	1·6365	1·6466	0·0257	
535	1·6234	1·6394	1·6495	0·0261	75° 56′

Auslöschungsschiefe auf (010). (Na) 17°.

Die Einstellung der Grenze der Totalreflexion war im Tl sicherer wie im Na-Licht.

Zur Kontrolle konnte β mit der Prismenmethode an größeren Krystallen wegen Undurchsichtigkeit nicht bestimmt werden, wohl aber an einem ganz kleinen, der schön durchsichtig war. Es wurde gefunden: $\beta_{Na} = 1{\cdot}6328$.

Doppelbrechung mit dem Kompensator:

λ	$\gamma - \alpha$
589	0·0261
538	0·0264
488	0·0267
470	0·0269
433	0·0272

Dispersion:

λ	$\beta_D - \beta_\lambda$
677	+0·0042
668	+0·0035
648	+0·0026
617	+0·0012
589	—
538	—0·0031
507	—0·0054
488	—0·0073
480	—0·0081
471	—0·0093
464	—0·0103
452	—0·0123
444	—0·0140
ca. 431	—0·0155

Es ist hier folglich ein Nebeneinandergehen: Höhere Brechungsindices, kleinere Doppelbrechung zu bemerken. Das spezifische Gewicht ist auch größer. Es wurde an einem ganz kleinen Krystall bestimmt, an welchem der Brechungsindex β gemessen wurde $= 3{\cdot}060$.

Trotz der Ähnlichkeit der Analysen (von der Stufe I und der von Penfield und Stanley) kommen also auch verschiedene offenbar eisenreichere, sonst sehr ähnliche Amphibole in ähnlichen Verhältnissen im Zillertal vor.

An den Zillertal-Aktinolithen wurde der Versuch von Schneider[1] und Belowsky[2] wiederholt.

Spaltblättchen, in einem Platindeckel über einem Gebläse erhitzt, werden dunkel, wenn sie auch früher infolge der Dünne beinahe farblos waren. Die Änderung der Farbe ist genau so, wie Belowsky angegeben, d. h. sie werden braun und es entsteht ein starker Pleochroismus $\gamma' > \beta$, während früher kein deutlicher Unterschied der Intensität mit bloßem Auge zu sehen war (für Na ist $\beta > \gamma$ im unveränderten Aktinolith).

Um den Einfluß dieser Änderung auf den Brechungsindex zu finden, wurden zwei Spaltprismen, an welchen der Brechungsindex vorher bestimmt wurde, 30 Minuten lang am Gebläse erhitzt.

Der Prismenwinkel erlitt dadurch eine bedeutende Veränderung; die Richtung der Minimalablenkung bildete jetzt einen anderen Winkel mit den gerade durchgehenden Strahlen, aber der Brechungsindex, welcher jetzt nur innerhalb einer bedeutenden Fehlergrenze zu bestimmen war, zeigte keine bedeutendere Änderung.

Eine solche geglühte Platte zeigt im weißen Lichte keine Auslöschung, und zwar infolge der jetzt eingetretenen enormen Bisectricendispersion. Während die Auslöschungsschiefe für blaue Strahlen sich nicht wesentlich verändert hat, ist die Auslöschungsschiefe für Rot um einige Grade kleiner geworden; es entsteht also eine Dispersion $c : \gamma'_b > c : \gamma'_r$, deren Betrag = zirka 4° (auf 110).

Kommt man mit der Flamme direkt an den Aktinolith an, so wird er trübweiß, während er sonst klar bleibt.

Richterit.

Seinen optischen Eigenschaften nach schließt sich der Richterit, ein manganhältiges, aber auch alkalireiches Amphibolmineral, eng an den Aktinolith an. Es sind Natron- und

[1] Z. f. K., 18, 584.

[2] N. J. f. M., 1891, I, 292.

Kalirichterite bekannt. Dieser Amphibol hat eine für Manganverbindungen so charakteristische rötlichgelbe Farbe und kommt in Schweden in krystallinen Kalken in Långban vor mit Rhodonit, Schefferit etc. Es sind auch andere Fundorte bekannt.

Optisch ist der Richterit wenig untersucht worden; es liegen nur die Angaben von M. Lévy und Lacroix vor, welche fanden:

$$\alpha = 1{\cdot}62, \quad \beta = 1{\cdot}63, \quad \gamma = 1{\cdot}64, \quad c:\gamma = 20°,$$
$$\text{Opt. (—)}, \quad \gamma - \alpha = 0{\cdot}024,$$

Pleochroismus: γ gelblichbraun, β weißlich, α blaßgelb;

und von Flink, $c:\gamma = 17°$, vor.

Zur Untersuchung lagen mir zwei Stufen vor: eine Druse schön ausgebildeter Krystalle, die aber undurchsichtig waren (M. J. 9908), und eine zweite mit schönen, vollkommen durchsichtigen Krystallen (M. J. 8523), welche in Kalk eingeschlossen und nur von Spaltflächen begrenzt sind.

An den Krystallen der Druse I wurde nur die Form der Krystalle und die Brechungsindices bestimmt; zur vollständigen Untersuchung waren Krystalle der zweiten Druse mehr geeignet.

Folgende Flächen sind gut ausgebildet: (110), (010), (011), ($\bar{1}$21).

Die (010)-Fläche ist wahrscheinlich eine Spaltfläche.

Brechungsindices:

λ	α	β	γ	
589	1·618(6)	1·632(1)	1·637(6)	0·0190

Von den Krystallen der Druse II wurden möglichst reine Krystalle ausgesucht, zerkleinert und unter dem Mikroskop ganz einschlußfreie Teilchen ausgesucht, die zu einer Analyse verwendet wurden.

Die Analyse ergab:

SiO_2	56·01	0·935	
TiO_2	—		
Al_2O_3	0·14	0·001	0·014
Fe_2O_3	2·14	0·013	
FeO	—		
MnO	5·81	0·082	0·934
CaO	8·29	0·148	
MgO	20·99	0·526	
K_2O	0·47	0·005	
Na_2O	3·69	0·059	
F_2	0·18	0·005	
H_2O	1·94	0·108	
Li_2O	—		
	99·66		
$O = Fl_2$	0·07		
	99·59		

Es ist sehr auffallend, daß der ganze Eisengehalt als Oxyd vorhanden sein soll. Um einen Fehler auszuschließen, wurde die Bestimmung von FeO dreimal wiederholt, einmal nach der Methode des Aufschließens im zugeschmolzenen böhm. Kaliglasrohr und zweimal nach der Pebal-Doelter'schen Methode. Jedesmal war kein FeO zu konstatieren. Es lag der Gedanke nahe, ob hier nicht etwa das Mangan eine Wirkung ausübt, indem es z. B. in einer höheren Oxydationsstufe im Mineral vorhanden wäre und die Oxydation des Eisenoxyduls beim Zersetzen des Silikates bewirken würde.

Das spezifische Gewicht ist genau dasselbe wie das des Aktinoliths vom Zillertal = 3·044.

Die optische Untersuchung ergab:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\alpha$
589	1·6151	1·6294	1·6367	0·0216	16°55′	72°38′	38°48′	68°34

Aus den Brechungsindices ist $2V_\alpha = 70°\ 33'$.

Dispersion von β ist ($\beta_{Na} = 1{\cdot}6297$):

λ	$\beta_\lambda - \beta_r$
668	+0·0030
648	+0·0023
617	+0·0010
589	—
538	—0·0036
507	—0·0054
488	—0·0076

Dispersion von $\gamma - \alpha$:

λ	$\gamma - \alpha$
668	0·02128
589	0·02123
434	0·02132

Die Dispersion ist also äußerst gering.
Pleochroismus:

$\gamma = \beta$ orange 4·5 Plattendicke = 0·085 *mm*
α farblos

Auffallend ist der kleine Achsenwinkel im Vergleich zum Aktinolith, wobei beide Achsen ihre Lage ändern, die Auslöschungsschiefe aber nicht stark verändert wird.

Durch Rösten am Platindeckel wird der Richterit sehr dunkel, was auch dem Verhalten vor dem Lötrohr entspricht.

Hornblende von Snarum.

Dunkle schwarze Krystalle (M. J. 8073).

Nach dem optischen Verhalten steht diese Hornblende dem Aktinolith ziemlich nahe.

Ich fand:

λ	α	β	γ	$\gamma - \alpha$	$c : \gamma$	$2V_\alpha$
589	1·6255	1·6385	1·6501	0·0246	18° 0′	83° 18′

Dispersion der Doppelbrechung:

λ	$\gamma-\alpha$
668	0·0254
589	0·0252
461	0·0257
431	0·0259

Pleochroismus $\gamma > \alpha$ γ blaugrün 17. t. I. Übergang nach blau
α farblos Plattendicke 0·017 *mm*.

Eine Platte (010) zeigt außer den gewöhnlichen prismatischen Spaltrissen noch sehr regelmäßige, mit vorigen einen Winkel von 76° bildende, äußerst feine, erst bei stärkerer Vergrößerung sichtbare Streifen. Vgl. hierüber Williams, Am. Journ. of Sc., 1890, XXXIV, Nr. 233, p. 355. Diese Streifen neigen nach vorn (Tschermak'sche Aufstellung), entsprechen folglich (001).

Die Hornblende läßt Spuren mechanischer Wirkung erkennen (teilweise Verschiebung und infolgedessen Wandern der Auslöschungsschiefe.

Sp. G. 3·063.

Ein schwarzer Krystall von Snarum wurde von Haefke[1] chemisch untersucht: D 3·091, SiO_2 53·42, TiO_2 0·23, Al_2O_3 3·12, Fe_2O_3 2·52, FeO 7·36, MgO 18·22, CaO 10·28, K_2O 0·14, Na_2O 3·17, H_2O 1·11, F 1·52.

Bemerkungen zu dieser Gruppe.

Wie wir aus den hier untersuchten Gliedern der Reihe Tremolit—Aktinolith ersehen, ist vor allem eine vom Eisengehalt abhängige Änderung der Brechungsindices zu beobachten. Alle drei Brechungsindices werden mit Zunahme des Eisenoxydulsilikats größer; bei den dunkel gefärbten nimmt γ weniger schnell wie α zu, was eine Verminderung der Doppelbrechung bewirkt.

Was die Dispersion der Brechungsindices anbelangt, so nimmt sie zum violetten Ende des sichtbaren Spektrums rasch

[1] Hintze.

zu, was besonders durch Vergleich der Zahlen, die für β erhalten wurden, hervorgeht. Diese Zunahme ist bei stärker gefärbten für β größer als bei den eisenärmeren (Aktinolith I), was aber erst im blauen Teile des Spektrums deutlich hervortritt.

Die Dispersion der Doppelbrechung ist $v > \rho$, ziemlich klein.

Der Achsenwinkel bleibt groß und ändert sich ziemlich wenig vom Tremolit bis zum Zillertaler Aktinolith, in welchem er etwas kleiner ist.

Die Achse A ist in der ganzen Gruppe wenig dispergiert die Achse B ziemlich stark. Der Sinn der Dispersion ist

beim Tremolit: Achse A $v \geqq \rho$ um α, Achse B $\rho > v$
» Aktinolith: » A $\rho > v$ » α, » B $\rho > v$

Dazwischen gibt es Übergänge.

Die Dispersion ist folglich $\rho > v$ um α, umgekehrt wie gewöhnlich angegeben.

Die Angabe der Dispersion $v > \rho$ um α rührt von Des Cloiseaux her, welcher den Achsenwinkel für Tremolit und Aktinolith für rotes und gelbes Licht in Öl gemessen hat.

Die Auslöschungsschiefe ändert sich wenig, wird beim Aktinolith etwas größer.

Tremolit	$c:\gamma = 15{\cdot}5°$
Aktinolith Zillertal	16·5
»	17
Aktinolith[1] Arendal	18

Dispersion immer $\gamma : c_\rho > \gamma : c_v$.

Das spezifische Gewicht steigt mit dem Eisengehalte:

Tremolit	Schweiz	2·980	
»	Albrechtsberg	2·986	
Aktinolith	Pierrepont	3·027	
»	Zillertal I	3·046	Richterit
	» II	3·061	
Hornblende	Snarum	3·063	

[1] An 010 gemessen. Pleochroismus stark, Farben viel dunkler wie vom Zillertal.

Der Habitus der Krystalle in der Regel langgestreckte Säulen.

Der Spaltwinkel im eisenreicheren Gliede kleiner als im Tremolit:

$m : m = 55° 46'$ Tremolit
55 30 Aktinolith

Das Mangan scheint, wie in der Pyroxengruppe, ein dem Eisen ähnliches Verhalten zu zeigen.

Tremolit-Pargasitreihe.

Tremolit von Gouverneur N. Y. (Min. Pet. J. 5642).

Eine große Druse mit schönen, weißlichen Krystallen, von welchen manche bis 4 *cm* Länge erreichen und weiter abgebrochen sind; dazwischen kleinere Kryställchen, alles wirr durcheinander. Stellenweise sind die Krystalle ganz klar. Sp. G. 2·997 bis 3·006.

Es liegen mehrere Analysen von diesen Tremoliten vor; die letzte, welche nach der Beschreibung des Materials sich auf genau dieselbe Art von Krystallen beziehen läßt und also wenigstens annähernd ein Bild über die chemische Zusammensetzung auch unserer Krystalle gibt, ist von Stanley:

SiO_2 57·45, Al_2O_3 1·30, Fe_2O_3 0·18, FeO 0·22, MnO 0·07, MgO 24·85, CaO 12·89, K_2O 0·54, Na_2O 0·67, H_2O 1·16, F_2 0·77, sp. G. 2·997.

Der Unterschied gegenüber dem Tremolit aus der Schweiz würde also im größeren Fluorgehalte, welcher dort sehr gering ist, und in dem nicht unbeträchtlichen Alkaliengehalte, dagegen etwas kleinerem Wassergehalte liegen.

Die optische Orientierung ergab:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\alpha$
671	1·5973	1·6009	1·6212	0·0241	16°41'	65°53'	32°32'	81°35'
589	1·5996	1·6131	1·6244	0·0248	16 39	65 52	32 35	81 33
535	1·6025	1·6160	1·6278	0·0253	16 33	65 51	32 43	81 27

Dispersion der Doppelbrechung (Kompensator):

λ	$\gamma-\alpha$
660	0·0252
589	0·0255
538	0·0260
431	0·0266

Tremolit von Pierrepont (Min. Pet. J. 1174).

Dieser Tremolit ist schon deutlich von den vorherigen verschieden. Die Farbe ist haarbraun ins Grünliche; die kurzen, mit (011) abgeschlossenen, bis 1 *cm* großen Krystalle sitzen in einem dichten Gemenge von kleinen Körnern derselben Hornblende mit Calcitkörnern. Sp. G. 2·997.

Die Tremolite von Pierrepont zeigen ziemlich bedeutende Mengen von Aluminium (ungefähr 1·8 bis 3%), Alkalien und sind fluorhältig (0·90 bis 1·31%).

Krystalle der untersuchten Stufe zeigen:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$
589	1·6042	1·6185	1·6299	0·0257	17°

Achsenwinkel (aus den Brechungsindices) $2V_\alpha = 82° 45'$.

Tremolit von Edenville (Hofmuseum A. f. 40)

von haargrauer Farbe sei hier auch angeführt. Die Krystalle sind mit Calcitkörnern durchspickt. Ich fand:

λ	α	β	γ
589	1·603(3)	1·616(1)	1·628(1)

woraus

$2V_\alpha = 87° 51'$ Sp. G. 3·016 bis 3·023.

Hornblende von Russel St. Lawrence Ct. N. Y. (M. J. 9326).

Schöne Druse mit gut ausgebildeten hellgrünen Krystallen, welche im krystallinen Kalk sitzen und aus diesem offenbar zum Teil herausgeätzt waren. Spaltwinkel 55° 53′.

Die Krystalle sind nicht langsäulenförmig, sondern nach allen Richtungen ungefähr gleichmäßig entwickelt. Die Form vergl. Williams (l. c.).

Die chemische Analyse des ausgesuchten reinen Materials ergab:

	I	II	Mittel		
SiO_2	54·70	54·80	54·75	0·914	0·914
TiO_2	—	—	—	—	
Al_2O_3	2·23		2·23	0·021	0·026
Fe_2O_3	0·90	2·36	0·85	0·005	
FeO	1·49		1·49	0·020	
MnO	0·15		0·15	0·002	
MgO	22·29	22·79	22·54	0·565	
CaO	11·55	11·18	11·36	0·203	0·980
K_2O	1·30	0·90	1·10	0·010	
Na_2O	2·52	2·29	2·40	0·038	
H_2O	2·05	2·28	2·16	0·120	
Fl	0·85		0·85	0·022	
	100·03		99·38		
$O = F_2$	0·38		0·38		
	99·65		99·50		

Die Analysen I und II beziehen sich je auf eine andere Probe. Eine andere ergab noch CaO 10·92%, MgO 23·18%, H_2O 1·92%.

Diese Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung sprechen sich auch im spezifischen Gewicht aus, welches für verschiedene Krystalle zwischen 3·027 bis 3·043 liegt. Viele Krystalle schweben bei 3·033.

Diese Analyse läßt keine solchen Verhältnisse erkennen wie die Tremolit-Aktinolithsilikate.

Die Summe der Molekularverhältnisse der Monoxyde (+Wasser etc.) ist größer wie die Zahl für die Kieselsäure, so wie dies bei gemeinen Hornblenden der Fall ist (Pargasit). Das

Verhältnis der Tonerde und der Alkalien entspricht nicht dem durch das Silikat $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ geforderten.

Dieses außergewöhnliche chemische Verhalten findet in den optischen Eigenschaften seinen Ausdruck. Es wurde gefunden:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\alpha$
671		1·6110			19°37'	66°27'	27°12'	86°19'
589	1·6017	1·6134	1·6244	0·0227	19 31	66 24	27 22	86 14
535		1·6172			19 27	66 23	27 29	86 08
475					19 20	66 20	27 40	86 00

Dispersion von β:

λ	$\beta_D-\beta_\lambda$
	0·0039
	0·0030
645	0·0022
623	0·0018
617	+0·0010
589	—
535	−0·0032
507	0·0049
488	0·0068
480	0·0079
471	0·0085
464	0·0091
458	0·0098
452	0·0105
444	0·0117
434	0·0127
ca. 428	0·0129

Dispersion der Doppelbrechung (Kompensator):

λ	$\gamma-\alpha$
668	0·02263
589	0·02273
464	0·02325
444	0·02344

$2V_{\alpha\,\mathrm{Na}}$ (ber.) = 86° 32'

Pargasit von Pargas.

Die hellgrüne, durchsichtige, auch tiefgefärbte Hornblende von Pargas ist schon vielfach untersucht worden.

Die Verschiedenheit in der Färbung vieler Exemplare weist auf Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung hin, was auch die Analysen bestätigen.

Die Krystalle dieser Hornblende sind, entgegen dem gewöhnlichen Habitus der Strahlsteine, kurz nach der c-Achse und durch Vorherrschen von (011) oft plattig ausgebildet. Die Krystallkanten sind oft abgerundet, der Krystall wie korrodiert, voll von Löchern und Hohlräumen, was in im Kalk eingebetteten Krystallen sonderbar erscheint.

Diese Löcher und Einsenkungen der Flächen rühren von Kalkeinschlüssen her, mit dessen Körnern die Hornblende durchspickt ist und welche herausgefallen sind. Auch im Innern der Krystalle liegen solche Kalkspatkörner.

Mit dem reichlich im Kalk zerstreuten, auch in der Hornblende Einschlüsse bildenden Phlogopit (vgl. die Analyse von Ludwig) haben sie den Fluorgehalt gemeinsam.

Von optischen Eigenschaften fand Des Cloiseaux:

$$2E = \left.\begin{matrix} 97 \text{ rot} \\ 98 \text{ blau} \end{matrix}\right\} \text{ um } \gamma;$$

er bestimmte auch die Änderung des scheinbaren Achsenwinkels in der Luft für eine Reihe von Temperaturen. Es sei hier nur angeführt:

$$\begin{matrix} T & 17° & 2E = & 98° & 3' \\ & 146° & & 100° & 44', \end{matrix}$$

wobei die erste Mittellinie kaum ihre Lage ändert.

Tschermak erhielt:

$$c : \gamma = 18°, \quad \beta_{\text{rot}} = 1{\cdot}64, \quad 2E_{\text{rot}} = 107° 30', \quad 2V = 59°.$$

M. Lévy und Lacroix fanden:

$$\gamma = 1{\cdot}632, \quad \beta = 1{\cdot}620, \quad \alpha = 1{\cdot}613, \quad 2V = 58 \text{ bis } 60° (+),$$
$$c : \gamma = 18 \text{ bis } 21°.$$

Zimányi (l. c., Z. f. K., 1894):

$$\alpha = 1{\cdot}616, \quad \beta = 1{\cdot}620, \quad \gamma = 1{\cdot}635.$$

Die Angaben über die optischen Eigenschaften dieser hellgrünen Krystalle weichen also nur unwesentlich voneinander ab und erweisen, daß hier ein optisch positives Mineral mit kleinem Achsenwinkel und größerer Auslöschungsschiefe (Wiik gibt 27° an) vorliegt.

Leider sind diese Untersuchungen nicht am analysierten Material ausgeführt und eine sichere Entscheidung, welche von den Analysen die Zusammensetzung der optisch untersuchten Krystalle wiedergibt, ist bei der Verschiedenheit der Analysen untunlich.

Es war deshalb notwendig, eine optische Untersuchung und eine chemische Analyse durchzuführen. Es wurden hierzu lauchgrüne Krystalle gewählt und die stellenweise vorkommenden dunkleren Partien nach Möglichkeit beseitigt.

SiO_2	48·38	0·807		
TiO_2	0·05	0·000		
Al_2O_3	10·83	0·106	0·111	
Fe_2O_3	0·76	0·005		
FeO	1·56	0·022	0·816	0·914
MnO	0·04	0·000		
MgO	20·78	0·520		
CaO	12·24	0·217		
K_2O	1·38	0·014		
Na_2O	2·69	0·043		
H_2O	0·91	0·050		
F_2	1·82	0·048		
	101·44			
$O = F_2$	0·76			
	100·68			

Das spezifische Gewicht ergab sich zu 3·095.

Die Kieselsäure mußte hier in einer neuen Portion bestimmt werden. Auch hier ist die Behandlung des Materials mit verdünntem HCl, um es vom Kalkspat zu reinigen, notwendig.

Zur Bestimmung des Achsenwinkels wurde eine Platte ungefähr senkrecht zu γ hergestellt ($\rho = 27° 10'$, $\varphi = 1° 44'$).

Der Achsenwinkel im Monobromnaphthalin $2H_a = 59° 00'$ (Na), woraus $2V = 59° 30' \pm 10'$ (unter Berücksichtigung der Temperatur).

Die Platte wurde nachher, ohne ihre Stellung zum Instrument zu ändern, in Benzol eingetaucht, getrocknet und nun die Lage der Plattennormale, nachher zur Kontrolle die Lage der Achsen abermals bestimmt. Daraus ergibt sich:

λ	cA	cB	$c:\gamma$
589	$+56° 58'$	$-2° 32'$	$27° 13'$

Die Bestimmung des Achsenwinkels in der Luft konnte wegen der stellenweise schlechten Politur der Platte nicht vorgenommen werden.

Ferner wurden an anderen Krystallen Flächen ungefähr senkrecht zu den Achsen angeschliffen. Die so gefundene Lage der Achse B stimmt sehr gut mit der früher abgeleiteten: $cB = -2° 26'$ gegen $2° 32'$ (nach rückwärts).

Die Position der A-Achse an einem anderen Krystall wurde etwas verschieden gefunden: $cA_{Na} = 55° 47'$ (Koord. der Fläche $\rho = 55° 33'$, $\varphi = 0° 37'$).

Der Unterschied ist offenbar durch die wechselnde isomorphe Mischung dieser Hornblende zu erklären.

Aus diesen Achsenpositionen ergibt sich: $c:\gamma_{Na} = 26° 41'$.

Als Mittel erhält man:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\gamma$
589	1·6158	1·6205	1·6353	0·0195	26° 57′	+56° 22′	−2° 29′	58° 51′

$$\beta_D - \beta_{Li} = 0{\cdot}0035.$$

An einer Platte $\perp$ (010) wurde der Winkel $c:\gamma$ direkt zu $26{\cdot}7°$ bestimmt (Mittel, Na).

Die Dispersion der Achsen sehr gering, beträgt kaum einige Minuten.

	cA	cB	$c:\gamma$	$2V$
Rot	56° 25′	2° 26′	27° 00′	58° 51′
Na	56° 22	2 29	26 57	58 51
Grün	56 21	2 31	26 55	58 52

Aus

$$\alpha = 1{\cdot}6160$$
$$\beta = 1{\cdot}6205$$
$$\gamma = 1{\cdot}6353$$

berechnet sich $2V_D = 58° 14'$.

Dispersion der Doppelbrechung ebenfalls ganz gering:

λ	$\gamma - \alpha$
668	0·0197
589	0·0196
535	0·0197
434	0·0198

Hornblende von Grenville.

Das äußerste untersuchte Glied dieser Reihe in optischer Hinsicht ist die Hornblende von Grenville in Canada.

Diese Hornblende wurde zuerst von Prof. Harrington[1] chemisch sehr genau untersucht, welcher sehr schönes Material dem Prof. Becke freundlichst zur Verfügung stellte.

Die Analyse dieses Minerals wurde nachher von Johnston und letztens durch Stanley ausgeführt und alle drei Analysen zeigen bis auf die Titansäure gute Übereinstimmung.

Die Analysenzahlen mögen hier wiedergegeben werden.

[1] Durch freundliches Entgegenkommen von Prof. Frank Adams in Montreal und des Herrn A. A. Johnston erhielt ich behufs Fortführung der Untersuchung dieser Hornblende neues, sehr schönes Material. Beiden Herren sei aufs beste gedankt.

	Harrington	Johnston	Stanley	Mol.-Ver. (aus dem Mittel der Analysen I und III	
SiO_2	45·50	46·09	45·79	·762	·773
TiO_2	·68	nicht best.	1·20	·011	
Al_2O_3	12·25	12·93	11·37	·115	·117
Fe_2O_3	·28	·79	·42	·002	
FeO	·75	—	·42	·008	·932
MnO	·11	·36	·39	·003	
MgO	20·63	20·82	21·11	·520	
CaO	13·31	12·91	12·71	·239	
K_2O	1·76	1·84	1·69	·018	
Na_2O	2·76	2·36	2·51	·042	
H_2O	·40	·66	·67	·030	
F_2	2·80	2·84	2·76	·072	
	101·23	101·60	101·06		
$O = F_2$	1·17	1·19	1·16		
	100·06	100·41	99·90		

Harrington bestimmte noch: Sp. G. 3·110 bei +15° und Auslöschungsschiefe auf (110) 16°. Ich fand Sp. G. 3·095 und die Auslöschungsschiefe auf Spaltblättchen genau 16°, so daß die Angaben von Harrington bestätigt werden konnten.

Die Durchsichtigkeit und Reinheit des Materials forderte zur detaillierten optischen Untersuchung auf.

Die Farbe dieser Hornblende ist braunrot mit sehr starkem Pleochroismus $\gamma = \beta > \alpha$.

γ entspricht bei einer Plattendicke von zirka 2·5 *mm* dem Zinnobergrau *q* der Radde'schen Farbenskala, α Zinnobergrau *v*.

Die Durchlässigkeit für den Strahl γ ist an einer 1·5 *mm* dicken Platte für rote Strahlen ($\lambda = 0{\cdot}67\ \mu$) beinahe gar nicht beeinflußt.

Nachdem das mir zur Untersuchung vorliegende Stück nur ein großes Spaltstück war und keine krystallographische Be-

grenzung zeigte, so wurde mit Hilfe der Ätzfiguren die richtige Aufstellung gefunden, wie dies von Freudenberg[1] und früher am Pyroxen von Wülfing[2] angewendet wurde.

Die Brechungsindices wurden mit dem Totalreflektometer bestimmt. An einer Platte wurden sie etwa um vier Stellen der vierten Dezimale größer als an einer anderen gefunden, doch ergab die Bestimmung von β an zwei Prismen $(110:\bar{1}10)$ beinahe das gleiche Resultat, die Hornblende ist also ziemlich homogen. Kleinere Schwankungen zeigen sich auch im Achsenwinkel. So ergibt sich aus einer Platte senkrecht zu γ $2V_\gamma =$ $= 52° 09'$ (Na), an einer anderen $2V_\gamma = 51° 45'$ (Na).

Diese kleinen Unterschiede liegen aber schon außerhalb der Fehlergrenze. Bei so komplizierten Verbindungen können aber solche Schwankungen als gering gelten. Es wurde ferner an einem Zwilling nach (100) eine gegen die Spaltflächen beinahe senkrechte Fläche angeschliffen, so daß man den Winkel der beiden B-Achsen messen konnte. Wahrer Winkel $B : B' =$ $= 3° 02'$, woraus cB $1° 31'$.

Es wurde auch die Methode benützt, welche Prof. Becke zur Bestimmung der Position der B-Achse beim Anorthit entwickelt und angewendet hat.

Die Position der angeschliffenen Fläche, deren Normale hier nicht weit von der A-Achse abwich, wurde gegen die Spaltflächen bestimmt und die Platte mit Canadabalsam so befestigt, daß ihre Normale mit dem Reflex des Objektglases möglichst zusammenfällt.

Kleine Abweichungen werden noch mit Hilfe des zweikreisigen Goniometers abgelesen und später eine Korrektur angebracht.

Hier konnte man sie vernachlässigen.

Nun wird die Lage der Achse in bezug auf die Plattennormale und die sichtbaren Spaltrisse fixiert mit Hilfe des Okularschraubenmikrometers, indem einmal die Kante der

---

[1] Freudenberg, Geologie und Petrographie des Katzenbuckels im Odenwald. Mitt. der Großherz. Badischen Geolog. Landesanstalt, V. Bd., I, 1906, p. 340.

[2] Wülfing, Beitr. zur Kenntnis der Pyroxenfamilie, 1891 (Habilitationsschrift).

angeschliffenen Fläche zu einer Spaltfläche, dann der Achsenbalken dem beweglichen Faden parallel eingestellt wird und die Stellungen des Mikroskoptisches abgelesen werden (Z_1, A_1). Die Stellung der Mikrometerschraube, bei welcher der Faden mit dem Achsenbalken zusammenfällt, ist D_1. Alle Ablesungen werden auch nach der Drehung um 180° gemacht (Z_2, A_2, D_2) und als Mittel von Z_1 und Z_2, A_1 und A_2 ergibt sich Z, A und $D_2 - D_1$.

Auf die Weise hat man die Lage der Achse zu der Plattennormale und dem beweglichen Faden des Okulars in Beziehung gebracht.

Verlief der Faden jetzt parallel dem Nicolhauptschnitt (von vorn nach rückwärts), so braucht man dasselbe noch bei der 45°-Stellung des Okularmikrometers vorzunehmen, um den Achsenpunkt in einer Projektion zu fixieren.

Es werden die Verhältnisse so, wie man sie unter dem Mikroskop sieht, graphisch dargestellt. Die Stelle, wo der Achsenbalken die Achsenebene schneidet, ist der Austrittsort der Achse.

Es ergab sich nach dieser Methode $cA = 53°$ (Na).

Die Dispersion des Winkels der optischen Achsen ist hier stärker als beim Pargasit von Pargas.

Für die Platte I ergab sich:

λ	cA	cB	$2V_\gamma$	$c:\gamma$
0·671	53° 41′	1° 25′	52° 16′	27° 36′
0·589	53 35	1 25	52 09	27 30
0·535	53 27	1 25	52 02	27 22
0·495	53 20	1 25	51 55·5	27 15

An der II. Platte:

λ	cA	cB	$2V_\gamma$	$c:\gamma$
0·668	53° 39′	1° 45·5′	51° 54′	27° 42′
0·589	53 32	1 48	51 44	27 40
0·509	53 20	1 50	51 30	27 35
0·464	53 11	1 53	51 18	27 32

Die Dispersion der Doppelbrechung ist äußerst gering. Im weißen Lichte sieht man, daß die Verschiebung des Kompensationsstreifens für rotes Licht größer ist wie für blaues; doch durch genaue Messung überzeugt man sich, daß die Erscheinung durch Dispersion des Quarzkeiles hervorgebracht wird. Es wurde gemessen mit dem Kompensator:

λ	$\gamma-\alpha$
0·668	0·01907
0·589	0·01905
0·538	0·0191
0·464	0·0193
0·434	0·0194

Der Brechungsindex β ergibt sich nach der Prismenmethode (110 : $\bar{1}$10) zu $n_D = 1{\cdot}6178$.

Die Dispersion ist:

λ	$\beta_D-\beta_\lambda$
0·671	+0·0033
0·648	+0·0026
0·630	+0·0022
0·612	+0·0015
0·589	—
0·538	—0·0033
0·525	—0·0040
0·515	—0·0047
0·490	—0·0063
0·471	—0·0081
0·464	—0·0090
0·452	—0·0103
0·444	—0·0115
0·432	—0·0129
ca. 0·425	—0·0135

Auslöschungsschiefe auf (010) gem. 27·5° (Na).

» (110) » 16° berechnet 15° 53′.

Wir haben folglich im Durchschnitt:

λ	α	β	γ	$2V_\gamma$	$c:c$	cA	cB
0·671	1·6113	1·6149	1·6302	52°04'	27°38'	53°40'	1°36'
0·589	1·6142	1·6180	1·6332	51 55	27 34	53 33	1 37
0·535	1·6175	1·6211	1·6365	51 48	27 31	53 25	1 37
0·464		1·6270		51 32	27 25	53 11	1 39

Aus Präparat I ergab sich bei der Temperatur +160°:

λ	cA	cB	$c:\gamma$	$2V_\gamma$
589	53° 45′	0° 39′	27° 12′	53° 7′

Bemerkungen zu der Gruppe Tremolit—Pargasit.

Wie aus den optischen Eigenschaften der hier besprochenen Amphibole zu ersehen ist, haben wir hier eine Übergangsreihe von reinem Tremolit, dem am nächsten der Schweizer Tremolit steht, zu der tonerdereichen, eisenfreien Hornblende, welche in der Hornblende von Grenville ihr letztes, bisher genauer untersuchtes Endglied hat. Es zeigt sich hier eine Zusammenscharung einzelner Glieder in der Nähe des Tremolits. Glieder, die mehr wie 3% Al_2O_3 haben, scheinen äußerst selten zu sein. Erst »Pargasite« mit über 10% Al_2O_3 sind häufiger.

Daß bei den tonerdehaltigen Tremoliten die Pargasitsubstanz beigemischt ist, folgt aus den optischen Eigenschaften dieser Glieder; von chemischer Seite liegt kein Grund vor, die Tonerde nur mit den Alkalien zu verbinden, und die oft gefundenen, nicht ganz unbeträchtlichen Mengen von Fluor, welche im Pargasit den größten Prozentgehalt erreichen, sprechen für diese Auffassung.

Beim Versuche präziserer Angaben über den Einfluß einzelner Bestandteile der chemischen Zusammensetzung auf die optischen Eigenschaften in dieser Gruppe trifft man dieselben Schwierigkeiten, die sich in der ganzen Amphibolfamilie geltend machen: die Beimischung verschiedener Silikate

und vor allem das, daß sich die Analysen nicht gut rechnen lassen.

Beachtet man die Lage der optischen Achsen sowie der Auslöschungsschiefe, so sieht man, daß hier besonders die aluminiumhaltigen Verbindungen starken Einfluß ausüben. Kleine Mengen von Eisenoxydul haben, wie wir früher gesehen, keinen merklichen Einfluß auf die Achsenlage. Außerdem, und dies erleichtert sehr die Orientierung, sind solche Bestandteile, über deren Deutung wir noch keine genügende Vorstellung haben, wie Wasser (+Fl) etc., in diesen Verbindungen in annähernd gleicher Menge vorhanden.

Um einen Einblick in die hier herrschenden Verhältnisse zu gewinnen, können wir aus den Analysenzahlen die Aluminiumverbindung sowie das Tremolitsilikat ausrechnen und solche Glieder miteinander vergleichen, welche den »Rest«, also H_2O, Fe_2O_3, überschüssiges MgO etc., in ungefähr derselben Prozentmenge enthalten.

Die Molekulargewichte von

$$CaMg_2Al_2Si_3O_{12} \text{ und } CaMg_3Si_4O_{12}$$

sind sehr ähnlich: 417·38 gegen 415·24.

Man erhält in Gewichtsprozenten: Tremolit von der Schweiz 5·42% $CaAl_2Mg_2Si_4O_{12} = A$, 78·06% $CaMg_3Si_4O_{12} = B$, 16·25% = Rest = C; Tremolit von Gouverneur[1] 5·01% A, 83·05% B, 11·94% C; Tremolit von Russel 8·76% A, 72·25% B, 18·48% C; Hornblende von Pargas 44·24% A, 42·64% B, 13·76% C; Hornblende von Grenville 48·00% A, 40·28% B, 11·98% C. Man kann jetzt die Analysen in einem Osann'schen Dreieck[2] darstellen und die Projektion jedes der Punkte auf die Dreieckseite AB würde etwa die zu vergleichenden Mengen von $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$ und $CaMg_3Si_4O_{12}$ in jedem der Silikate angeben unter der Annahme, daß der Rest in allen dieselbe Wirkung ausübt.

---

[1] Unterscheidet sich vom Tremolit von der Schweiz durch größeren Alkalien- und Fluorgehalt.

[2] F. Becke, Die Eruptivgesteine des böhmischen Mittelgebietes. Tscherm. Min. u. Petr. Mitt., XXII, H. 3 und 4 (1903).

Wir haben Auslöschungswinkel von 15·5, 17, 19·5, 27, 27·5 und Achsenwinkel zwischen 81 bis 128° um α, je nach dem Gehalt der Pargasitsubstanz.

Die Doppelbrechung wird bedeutend kleiner mit Zunahme von Al_2O_3, die Dispersion der Doppelbrechung ist bei tonerdereichen Hornblenden gering.

Die Dispersion der Brechungsindices ist nicht bedeutend verschieden von der Dispersion im Tremolit.

Die Dispersion der Achsen ändert sich stark und der Pargasit ist leicht vom Tremolit hierin zu unterscheiden.

Pargasit: Achse A $v > \rho$ deutlich; Achse B $\rho \lesseqgtr v$ um die Mittellinie α.

Tremolit: Achse A $v \gtrless \rho$ sehr schwach; Achse B $\rho > v$ deutlich.

Das spezifische Gewicht steigt mit dem Gehalt der Pargasitsubstanz:

Tremolit von der Schweiz	2·980
» » Pierrepont	2·997
» » Gouverneur	3·006
» » Edenville	3·019
» » Russel	3·034
Hornblende von Pargas	3·095
» » Grenville	3·095 bis 3·110

Es wurde der Versuch gemacht, die hier herrschenden Verhältnisse graphisch darzustellen, indem an der Abszissenachse die Menge von $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$, auf der Ordinate der Abstand der Achsen von der c-Achse aufgetragen wurde. Der Halbierungspunkt der Entfernung der beiden Achsenpunkte gibt die Auslöschungsschiefe auf (010) an.

Der Verlauf der Kurve ist aber durch die hier untersuchten Glieder noch nicht genügend charakterisiert, weil die Beobachtungen sich an das Endglied $CaMg_3Si_4O_{12}$ und in der Nähe von Pargasit häufen.

Die einzige Literaturangabe, die hier verwertbar erschien, war über den Pargasit (Edenit) von Fiskernäs, welcher von

Lorenzen analysiert wurde und 46·79% SiO_2, 15·36% Al_2O_3, 2·38% FeO, 20·17% MgO, 13·11% CaO, 2·13% Glühverlust, 0·69% Cr_2O_3 enthält (Hintze). Ussing fand $2V_\gamma = 82°\ 36'$, $c:\gamma = 16°$, $\beta = 1·638$, also eine Orientierung, die dem Tremolit nahe steht. Es ist aber doch nicht leicht möglich, daß so große Änderung in der chemischen Zusammensetzung ohne einen größeren Unterschied der optischen Eigenschaften eintritt und es muß hier der Zweifel entstehen, ob das untersuchte Material dem analysierten entsprach.

Gastaldit.

In der eben besprochenen Reihe übt die tonerdehältige Verbindung einen Einfluß, der gerade entgegengesetzt zu sein scheint dem in der Glauphanreihe, wo die aluminiumreichen Glieder eine kleine Auslöschungsschiefe und einen kleinen Achsenwinkel um α haben. Die Auslöschungsschiefe nimmt dort sogar mit Fe_2O_3 zu $\left(\text{ist vom } \frac{Fe_2O_3}{Al_2O_3} \text{ abhängig nach Murgoci}\right)$.

Die optische Orientierung von reinem Silikat: $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ ist noch nicht bekannt, weil in diesen Tonerdealkalihornblenden immer auch eine nicht unbeträchtliche FeO-Menge vorhanden ist und der Einfluß der Vertretung von $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ durch $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$ sich nur unter der Annahme ergibt, daß der Einfluß der anderen Verbindungen annähernd konstant bleibt, was hier wohl berechtigt ist.[1]

Der Gastaldit bildet das tonerdereichste Endglied dieser Reihe und obwohl er von Strüver und von Cossa genauer untersucht war, schienen einige neue Bestimmungen nicht überflüssig.

Es stand mir zur Verfügung ein Handstück von Val Ivrea, Aosta (Min. Inst. 8722), an welchem größere Gastalditkrystalle von bläulich dunkler Farbe wirr durcheinander gelagert sind.

[1] Was sich über die Änderung der optischen Eigenschaften mit dem Fe_2O_3-Gehalt zur Zeit sagen läßt, ist in den Abhandlungen von Hlawatsch und Murgoci eingehend besprochen. — Optische Untersuchung analysierter Glaukophane wäre noch sehr erwünscht. Am Glaukophan von Syra habe ich Achsenwinkel gemessen, die dem des Gastaldits sehr nahe stehen.

Die Analyse des untersuchten Minerals konnte nicht durchgeführt werden, weil eine stellenweise sehr innige Durchwachsung des Minerals mit Verunreinigungen (Chlorit etc.) wenig Hoffnung auf Erhaltung reinen Materials zuließ. (Die Analyse von Cossa soll an ganz reinem Material ausgeführt worden sein.)

Die Untersuchung ergab:

Brechungsindices:

λ	α	β [1]	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$
589	1·630(0)	1·646(3)	1·648(8)	0·018(8)	4—8°

Der Achsenwinkel:

$$2E_{\text{rot}\,\lambda=67} = 72°\ 55',\ \text{woraus}\ 2V_r = 42°\ 24'$$
$$_{\text{grün}} \qquad 72°\ 36' \qquad\qquad _{\text{gr}}\ 42°\ 02$$

Die Dispersion der Doppelbrechung mit dem Babinet:

λ	$\gamma-\alpha$	
668	0·0183	
589	0·0183	
535	0·0183	Sp. G. 3·036 bis 3·055
488	0·0184	
444	0·0184	

also eine außerordentlich kleine. Der Saum des Kompensationsstreifens ist aber infolge von Dispersion des Quarzes gefärbt.

Der Achsenwinkel stimmt annähernd mit den Angaben, welche im Werke von Rosenbusch sich vorfinden:

$$2E_r = 70,\quad 2E_{gr} = 68°\ (\text{Strüver}).$$

Mehr weichen die Brechungsindices ab. Nach Rosenbusch:

---

[1] Aus dem Ausdruck $\beta = \frac{\alpha\,\text{tg}^2\,V + \gamma}{1 + \text{tg}^2\,V}$, welcher sich aus dem angenäherten Ausdruck für die Tangente des halben Achsenwinkels ergibt.

$$\alpha = 1{\cdot}6396, \quad \beta = 1{\cdot}6563, \quad 2V_{Na} = 43° 58'$$
$$\beta - \alpha = 0{\cdot}0167, \quad c : \gamma = 6°.$$

M. Lévy und Lacroix:

$$\gamma - \alpha = 0{\cdot}024.$$

Gemeine Hornblenden.

Nach der Theorie von Tschermak sind die sogenannten gemeinen Hornblenden isomorphe Mischungen einer Reihe von Silikaten: $CaMg_2Al_2Si_4O_{12}$, $CaMg_3Si_4O_{12}$, wobei das Magnesiumoxyd durch Eisenoxydul, das Aluminium durch Eisenoxyd vertreten wird. Die Alkalien werden mit Tonerde, respektive Eisenoxyd zu Orthosilikaten verbunden.

Das eisenfreie Endglied ist hier der Pargasit.

In den eisenreicheren können wir eine Reihe voraussehen, in welcher das Mg der Verbindung $CaMg_2Al_2Si_3O_{12}$ durch $\overset{II}{Fe}$ teilweise ersetzt wird.

Eine andere Reihe wäre die, wo das Riebeckit-Molekül vorwiegen würde.

Daß eine Reihe von Zwischengliedern zwischen gemeiner Hornblende (und Aktinolith) und dem Gastaldit vorliegt, ist nach Rosenbusch wahrscheinlich auf Grund der Beobachtung, daß manche »gemeine« Hornblenden bläuliche Töne zeigen. Mit Zunahme der Aktinolithsubstanz würden sie durch grüne ersetzt, wobei die Auslöschung zu steigen scheint.

Murgoci zählt in die Gruppe der gemeinen Hornblenden den Pargasit, Karinthin, Soretit, Philipstadite, Hastingsit, Noralit etc. Die Analysen dieser Hornblenden zeigen in der Regel Fe_2O_3; nach Murgoci hängt die Auslöschungsschiefe von dem Molekularverhältnis $Fe_2O_3 : Al_2O_3$ ab.

In der zahlreichen Gruppe, in welcher das MgO durch FeO teilweise vertreten wird, dagegen der Tonerdegehalt (10 bis 12%), CaO und Alkaliengehalt beinahe konstant bleibt (Murgoci, p. 381), hat nach Murgoci die Vertretung des Mg durch $\overset{I}{Fe}$ keinen Einfluß auf die optischen Eigenschaften der Amphibole. Und es ist wirklich sonderbar, wie einförmig

optisch viele dunkle Hornblenden sind. Ungefähr dieselbe Auslöschungsschiefe (zirka 17°) Doppelbrechung und ein großer negativer Achsenwinkel wiederholen sich sehr oft. Die Verschiedenheit einzelner Glieder äußert sich aber sehr deutlich in den Unterschieden der Brechungsindices.

In dieser Beziehung sind die Hornblenden leider noch sehr wenig untersucht.

Es liegen folgende Angaben vor:

Gemeine Hornblende von Volpersdorf:

$\beta_\rho = 1{\cdot}642$, $c:\gamma = 19°\,53'$, $2V_\gamma = 85°$

γ braun, β gelb, α gelbgrün, $\gamma > \beta > \alpha$ (Tschermak);

Hornblende von Kragerö:

$\gamma = 1{\cdot}653$, $\beta = 1{\cdot}642$, $\alpha = 1{\cdot}629$, $2V_\alpha = 84°$ (M. Lévy und Lacroix).

Es sollen ferner nach Duparc und Pearce[1] angeführt werden:

Hornblende von Katéchersky (v. Uralit) vom Gabbro:

$\alpha = 1{\cdot}6555$, $\beta = 1{\cdot}6709$, $\gamma = 1{\cdot}6790$, $c:\gamma = 20°$, $2V_\alpha = 72°$ (Duparc und Pearce);

künstliche Hornblende:

$\beta = 1{\cdot}628$, $\gamma - \alpha$ 0·025, $2V = 82°$, $c:\gamma = 17°$ (Chroustschoff);

Hornblende von Aiguilles rouges:

Auslöschungsschiefe 19° (Al_2O_3 6·44, Fe_2O_3 14·93, FeO 13·31) (E. Joukowsky)

und Auslöschungsschiefe 15° 30′ (Al_2O_3 14·91, Fe_2O_3 4·01, FeO 10·07) (Horn).

---

[1] Sur la soretite, une amphibole nouvelle du groupe des hornblendes communes. Bull. de la Soc. Franc. de Min., T. XXVI, Paris 1903.

Der Philipstadit von Daly[1] mit SiO_2 45·20, TiO_2 0·84, Al_2O_3 7·34, Fe_2O_3 7·55, FeO 15·80, MnO 1·52, CaO 12·30, MgO 8·40, Na_2O 0·80, K_2O 0·37, Glühverlust 0·70 (nach Analyse von Pisani) hat schwache Doppelbrechung $c:\gamma =$ 17 bis 22°, $2V_\alpha = 42$ bis 60° (zonarstruiert).

Pleochroismus: γ dunkelblaugrün, β gelbgrün, α lichtbräunlichgrün (alles nach Daly).

Schließlich der am genauesten bekannte Soretit von Duparc und Pearce[2] (aus dem nördlichen Ural) mit SiO_2 40·52, TiO_2 1·71, Al_2O_3 10·99, Fe_2O_3 9·64, FeO 9·83, welcher zeigt:

	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	$2V_\alpha$
I. Varietät (grünlich)...	1·6628	1·6765	1·6856	0·0228	17°	82°30′
II. » (bräunlich)..	1·6591	1·6701	1·6806	0·0215	17°30′	90°

im Na-Licht. Sp. G. 3·223.

Die von Lacroix untersuchte Hornblende vom Vesuv wird weiter unten besprochen.

Das eisenfreie Endglied, der Pargasit, ist oben behandelt. Als nächstes Übergangsglied zu den Fe-reicheren bietet sich der Karinthin dar.

Karinthin.

Der Karinthin von der Saualpe ist seit der Arbeit von Tschermak, welcher auch dieses Mineral untersuchte, nicht mehr untersucht worden.

Die Vervollständigung der vorhandenen Angaben schien also wünschenswert.

Tschermak's Abhandlung enthält auch eine Andeutung, wie man die chemische Konstitution dieses Minerals nach einer Analyse von Rammelsberg auffassen kann. Rammelsberg fand (Hintze): SiO_2 49·33, Al_2O_3 12·72, Fe_2O_3 1·72, FeO 4·63, MgO 17·44, CaO 9·91, K_2O 0·63, Na_2O 2·25, Fl 0·21, H_2O 0·29.

---

[1] On a new variety of Hornblende. Proceedings of Am. Acad. of Arts and Sciences, Vol. XXXIV, 16, 1899.

[2] In der letzten Zeit sind einige eingehende Untersuchungen über die gemeine gesteinsbildende Hornblende publiziert worden (mit vielen Analysen und optischen Bestimmungen): Hornung: Les hornblendes communes. Thèse. Geneve; Duparc et Hornung-Arch. de Sc. phys. et nat. de Geneve 1907; Duparc et Pearce Bull. d. la Soc. Min. 1. 2. 1908. Vide p. 877.

Tschermak gibt an:

Pleochroismus $\gamma = \beta > \alpha$.
γ grünlichbraun, β gelbbraun, α gelbgrün.
$c.100 = 73°$, $c.001 = 148°$, $c : \gamma = 17°$.

Bei der Untersuchung der mir von Hofrat Tschermak überlassenen schwarzen Krystalle (im Eklogit, Min. Petr. J. 50) erhielt ich:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	cA	cB	$2V_\alpha$
589	1·6305	1·6430	1·6530	0·0225	17° 39′	65° 06′	29° 49′	85° 08′

Die Dispersion der Doppelbrechung mit dem Kompensator:

λ	$\gamma-\alpha$
668	0·0214
589	0·0216
464	0·0218
444	0·0219

Die Unvollständigkeit der Übereinstimmung der mit dem Kompensator gemessenen und der aus den Brechungsindices (Totalreflexion) sich ergebenden Doppelbrechung erklärt die Beschaffenheit der Platte (010), die beim Dünnschleifen ($D = 0·076\ mm$) sich ganz mit Sprüngen bedeckte, was die Genauigkeit der Dickemessung sehr beeinträchtigt.

Die optische Achse A zeigt die Dispersion $\rho > v$ um α. Die Dispersion der Achse B ist äußerst schwach. $\rho > v$.

Die Achsenplatten zeigen sehr schöne Absorptionsbüschel, und zwar gehört der Karinthin dem ersten Typus an.

Außer diesem im durchfallenden Lichte grünlichen Karinthin kommt in den Eklogiten der Saualpe auch eine in dünnen Platten bräunliche Hornblende vor, im äußeren Aussehen der ersteren sehr ähnlich.

Hornblende von Edenville N. Y.

Von Edenville N. Y. besitzen wir außer den hellen »Edeniten« auch rabenschwarze Hornblenden. Ihre Krystalle sind

ebenso wie die in Pargas im Kalkstein eingebettet und ausgezeichnet scharf ausgebildet. Nach den Analysen ist diese Hornblende sehr eisenreich; sie enthält das Eisen als FeO, Fe_2O_3 nur untergeordnet.

Stanley und Penfield geben folgende Analyse dieser Hornblende an: SiO_2 41·99, TiO_2 1·46, Al_2O_3 11·62, Fe_2O_3 2·67, FeO 14·32, MnO 0·25, MgO 11·17, CaO 11·52, K_2O 0·98, Na_2O 2·49, H_2O 0·61, F_2 0·80, Verl. b. 110° 0·08. Sp. G. 3·285.

In der von mir untersuchten Stufe (Min. I. 6871) liegen mehrere abgespaltene Hornblendekrystalle, an einem besonders großen sind die begrenzenden Flächen (010), (011) und die kleineren ($\bar{1}01$), (110) gut erhalten. Spaltwinkel 55° 44′.

Der Krystall ist in der Richtung der Zonenachse [$\bar{1}00$], nicht der *c*-Achse, in die Länge gezogen.

Die optische Orientierung[1] ist:

λ	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	$2V_\alpha$
589	1·6545	1·6655	1·6747	0·0207	18·5°	ca. 90°

Die Doppelbrechung (Babinet):

λ	$\gamma-\alpha$
668	0·0198
589	0·0194
538	0·0193
480	0·0194
445	0·0193

Die Dispersion von $\gamma-\alpha$ ist also $(\gamma-\alpha)_\rho > (\gamma-\alpha)_v$, wobei aber die Dispersion für längere Wellenlängen größer ist wie für kurze (im sichtbaren Spektrum). Die kleine Unregelmäßigkeit bei $\lambda = 480$ kann Messungsfehlern zugeschrieben werden.

Der Pleochroismus sehr stark:

γ 35 gelbbraun *r* (rotbraun)
β » rötlichbraun
α *u* (schmutziggrünlichbraun)

Plattendicke 0·0205 *mm*.

[1] Der Fehler von *n* ist zirka $\pm$ 0·0005.

Die Dispersion der Achsen ist infolge der starken Eigenfärbung des Minerals schlecht zu beobachten; doch scheint sie sehr gering zu sein. Die Achse A scheint schwach $v > \rho$ um a dispergiert zu sein, an der Achse B ist es unmöglich, solche Beobachtungen genauer zu machen, weil bei etwas größerer Dicke in 45°-Stellung der Achsenpunkt nicht mehr schwarz ist. An sehr dünnen Stellen konnte aber auch keine Dispersion festgestellt werden.

Es ist von Wichtigkeit, daß, während die eine Achse (A) sich normal verhält, die Achse B sehr deutlich die p. 902 beschriebene Erscheinung zeigt.

Ich beschränkte mich hier nur auf die FeO-Bestimmung und erhielt FeO 12·81%. Nach Reduktion durch Zn ergibt sich aus der Differenz 2·64% Fe_2O_3; es wurden hier die wegen Anwesenheit von TiO_2 notwendigen Vorsichtsmaßregeln[1] nicht beobachtet und es sollte nur eine angenäherte Schätzung des Fe_2O_3-Betrages erzielt werden; der Versuch wurde nicht wiederholt. Jedenfalls beweist dies, daß diese Hornblende der von Stanley analysierten chemisch nahe steht.

Dem Aussehen nach, auch durch die Art des Vorkommens ist dieser Hornblende die schwarze Hornblende von Pargas ähnlich, welche dadurch auch interessant ist, daß zwischen ihr und dem hellgrünen Pargasit alle möglichen Übergangsglieder vorzukommen scheinen, wie man aus der Farbe sowie dem Schwanken der Analysenzahlen der Amphibole von Pargas urteilen kann.

Die Analysen dieser schwarzen Hornblenden zeigen einen größeren FeO- und Fe_2O_3-Gehalt, doch ist eine Identifikation eben auf Grund dieses isomorphen Verhaltens unmöglich. Auch fehlen hier neuere Analysen.

Es wurde also eine optische Untersuchung, ohne eine chemische Analyse auszuführen, zwecklos und es wurde nur

[1] Nach Gooch und Newton (Am. Jour. of Sc., Vol. XXIII, 1907, Nr. 137) braucht man nur, um das durch Zn reduzierte Titanoxyd wieder zu oxydieren, die Lösung mit Wismutoxyd zu versetzen und filtrieren. Das FeO wird dadurch nicht oxydiert.

die Auslöschungsschiefe auf (010) $c : \gamma_{Na} = 24 \cdot 5°$ und die Doppelbrechung $(\gamma - \alpha)_{Na} = 0 \cdot 018$ bestimmt (Plattendicke = $0 \cdot 083$ *mm*).

Dispersion der Doppelbrechung ist im weißen Lichte nicht zu beobachten, also wohl schwach $v > \rho$.

Pleochroismus:

γ schmutziggrünlichgrau
α graugelb.

Hornblende vom Vesuv.

Vom Vesuv kennen wir aus den Blöcken zwei verschiedene Arten von Amphibolen, nämlich die gelblichbraunen, als Sublimationsprodukt auskrystallisierenden Nadeln, und grünlichschwarze, flächenreiche Krystalle, welche mit Feldspat vermengt in den Auswürflingen in den Sammlungen sehr verbreitet sind.

Ein solches schönes Stück mit schwarzen, nicht großen, aber gut ausgebildeten Krystallen wurde mir von Prof. Berwerth zur Untersuchung anvertraut.

Krystalle von dieser Druse waren von ihm in seiner Arbeit: »Über die chemische Zusammensetzung der Amphibole« (diese Sitzungsber., I. Abt., März 1882) analysiert. In dieser Abhandlung sind als Begrenzung der Krystalle angeführt die Flächen: (110), (010), (111), (001), ($\bar{1}$13), (100). Die Analyse ergab: SiO_2 39·80, Al_2O_3 14·28, Fe_2O_3 2·56, FeO 19·02, Ca 10·73, MgO 9·10, K_2O 2·85, Na_2O 1·79, H_2O 1·42. Sp. G. = 3·298.

Berwerth gibt an, daß im Kerne von Krystallen Einschlüsse von Glimmer stecken; ferner konstatierte er einen häufigen zonaren Aufbau der Krystalle. Diese Beobachtungen konnten nur bestätigt werden.

An vesuvianischen Hornblenden hat schon Tschermak hellere und dunklere Schichten um einen dunkleren Kern gesehen. Er fand, daß im Kern die eine Achse beinahe senkrecht zu (100) austritt, während sie für lichtere Partien mehr von dieser Richtung abweicht. Auch im Spaltungswinkel fand Tschermak an dieser Hornblende Unregelmäßigkeiten und

erklärte diese dadurch, daß verschiedene Schichten verschiedenen Spaltwinkel haben.

An den durch die Mitte der Krystalle geführten Dünnschliffen sieht man an dem von mir untersuchten Material einen sehr deutlichen Zonarbau, die lichteren und dunkleren Partien waren wechselweise angeordnet und das Gesamtbild zeigte die in den Pyroxenen so verbreitete Sanduhrstruktur. Der mit Glimmerblättchen durchspickte Kern ist heller gefärbt, gegen den Rand wird die Wechsellagerung mit dunkleren Partien äußerst fein. Siehe Fig. 4. Die Anwachspyramiden entsprechen den Flächen (011) und den Flächen aus der Prismenzone.

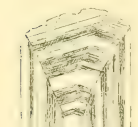


Fig. 4.

In dunkleren Partien liegt die Achse A näher an der Normalen von 100, wie dies schon Tschermak beobachtete.

Ähnliche Erscheinungen beobachtete Daly (l. c.) in seinem Philipstadit (l. c.).

Diese Erscheinung der isomorphen Schichtung, so interessant sie auch ist, ist in der Hinsicht ungünstig, daß alle Bestrebungen, eine genauere Kenntnis dieser Hornblende zu gewinnen, scheitern müssen. Trotzdem und auch trotz der Unmöglichkeit, sich ein Bild zu bilden, inwiefern die Analyse durch die Glimmereinschlüsse beeinträchtigt ist, gibt uns die Analyse von Berwerth Aufschluß darüber, daß die untersuchte Hornblende außerordentlich eisenreich ist, sehr viel FeO enthält und daß der Alkaliengehalt nicht größer ist wie der gewöhnlich in diesen Hornblenden vorkommende.

Dieser große Eisengehalt erklärt auch die sehr starke Absorption des Minerals, die hier sogar so groß wird, daß die folgenden Angaben nur als Annäherungswerte zu betrachten sind.

Die Mittellinie γ ist nach vorn gerichtet, liegt also im stumpfen Winkel β. Dies wurde an Präparaten von Krystallen mit deutlichen Flächen bestimmt (011 und $10\bar{1}$). Auf diese Bestimmung wird hier besonders Wert gelegt, weil dem Anscheine nach hier die Dispersion der Bisectricen $c:\gamma_r < c:\gamma_v$ ist, umgekehrt wie bei den vorher besprochenen.

Trotzdem dies direkte Messung an 010 ergab sowie durch die Farbenerscheinungen im weißen Licht bestätigt zu werden scheint, ist es schwer, bei der Beschaffenheit dieser Hornblende bei so kleiner Dispersion sich ein sicheres Urteil zu bilden. Beobachtet man eine parallel der Achsenebene geschnittene Platte im homogenen Lichte, so bemerkt man, daß, während im blauen und grünen Lichte das Verhalten ein normales ist, für Na-Licht sowie für die langwelligen Strahlen keine vollkommene Auslöschung stattfindet und es kann hier nur auf das Intensitätsminimum eingestellt werden.

	λ	$\gamma-\alpha$	
$c:\gamma_{Na} = 26° 20'$	670	0·0179	$2V_\alpha = 68°$ (Na)
	589	0·0171	
	535	0·0168	
	434	0·0169	

Die Dispersion der Achsen ist:

A $\rho > v$ um α stark

B $\rho > v$ » α scheinbar noch stärker,

woraus sich auch eine Dispersion der Auslöschungsschiefe $v > \rho$ ergeben würde.

Die Achse A, welche nicht weit von der Normale zu (100) austritt, verhält sich normal, die Achse B ist in 45°-Stellung beinahe gar nicht zu sehen. Nur an einer sehr dünnen Stelle am Rande des Präparates gelang es, ein schärferes Bild zu beobachten.

Pleochroismus sehr stark:

γ grasgrün h 25, II. Übergang nach blaugrün;

α gelbgrüngrau r 36 (mehr gelb). Plattendicke 0·025 *mm*. $\gamma > \beta$.

Im vorigen Jahre beschrieb Lacroix[1] eine schwarze Hornblende vom Vesuv, welche sich in den während der letzten Eruption ausgeworfenen Blöcken findet.

Auslöschung auf (010) bis 30°. $\gamma - \alpha = 0{\cdot}014$.

Pleochroismus: γ grünlichgelb, β gelblichbraun, α hellgelb mit $\gamma \geqq \beta > \alpha$.

Analyse von Pisani ergab: SiO_2 41·50, TiO_2 2·42, Al_2O_3 6·60, Fe_2O_3 12·32, FeO 5·30, MgO 15·89, CaO 11·70, Na_2O 2·33, K_2O 1·85, H_2O 0·37, F_2 0·45.

Dieselbe Hornblende wurde auch von Zambonini[2] untersucht, welcher ebenfalls so große Auslöschungsschiefe auf (010) fand. Zambonini stellte auch das Achsenverhältnis dieser Hornblende auf.

Die Bildungsverhältnisse dieser Hornblende waren offenbar dieselben wie bei älteren Eruptionen.

Bemerkungen zu dieser Gruppe.

Stellen wir diese Hornblenden zusammen (siehe Tabelle p. 955), so sehen wir, daß mit Zunahme des Eisengehaltes immer eine Steigerung der Brechungsindices zu beobachten ist, gleichgültig, ob das Eisen als Oxyd oder Oxydul vorhanden; ferner nimmt der negative Achsenwinkel im allgemeinen ab, wie dies von Tschermak betont wurde. Die Doppelbrechung ist durchwegs klein.

Eine vollständige Regelmäßigkeit der Änderung der optischen Eigenschaften mit dem Eisengehalt ist nicht ersichtlich, weil hier verschiedene Verbindungen zusammengestellt sind. So vor allem wiegt einmal das FeO, einmal das Fe_2O_3 vor.

---

[1] Étude minéralogique des produits silicatés de l'eruption du Vesuve (Avril 1906) par Lacroix. Nouvelles Archives du Muséum, Paris 1907.

[2] Mineralog. Notizen über den Vesuvausbruch 1906. Ref. Z. f. K., 1908, H. 6.

	FeO	Fe_2O_3	α_{Na}	β_{Na}	γ_{Na}	$\gamma-\alpha_{Na}$	$c:\gamma_{Na}$	$2V_{\alpha\,Na}$	Sp. G.
Pargasit von Grenville	0·58	0·35	1·6142	1·6180	1·6332	0·0190	27·5°	127°51′	3·095
Pargasit von Pargas	1·56	0·76	1·6154	1·6205	1·6353	0·0195	27	120 30	3·095
Karinthin	4·63	1·72	1·6305	1·6430	1·6530	0·0225	17·5	85 05	3·08
Hornblende von Edenville	12·81	2·64	1·6545	1·6655	1·6747	0·0207	18·5	90°	3·267
Hornblende von Pargas	9·92 ?	4·83 ?				0·018	24·5		
Soretite nach Duparc u. Pearce	9·83	9·64	1·6590 1·6628	1·6701 1·6765	1·6801 1·6856	0·0215 0·0228	17·5 17	82·5 90	3·223
Philipstadit nach Daly	15·80	7·55					17—22	54	3·275
Vesuv	21·28					0·017	26	68	3·298
Vesuv nach Lacroix	5·30	12·32				0·014	33		3·18
Hastingsit nach Adams und Harrington	21·98	12·62				sehr schwach	30	$2E = 30$ bis 45	3·433

Die Angabe von Murgoci, daß auf die optischen Eigenschaften besonders das Fe_2O_3 einen Einfluß ausübt, scheint sich hier zu bestätigen. Nur, wie angedeutet, wachsen auch bei FeO-haltigen Hornblenden stark die Brechungsindices.

Der Hastingsit,[1] eine Alkalihornblende mit viel Eisenoxydul (Na_2O 3·29%, K_2O 2·29%), wurde hier angeführt wegen Ähnlichkeit mancher optischer Eigenschaften, welche ihn als ein weiteres hierher gehörendes Glied bezeichnen. Es ist auch die Dispersion der Achsen (hier sehr stark) $\varrho > v$ um α wie bei manchen gemeinen Hornblenden.

Daß hier mehrere Glieder teilnehmen, ist schon aus dem ersichtlich, daß die Auslöschungsschiefe im Pargasit größer wie beim Karinthin ist, dann aber wiederum wächst, was mit der Annahme nur zweier Endglieder unvereinbar wäre.

Das Wachsen der Auslöschungsschiefe mit dem Fe_2O_3-Gehalt wurde von Daly und Murgoci auch so beobachtet, daß die Auslöschungsschiefe verschiedener Stellen von zonarstruierten Amphibolen verglichen wurde, wobei sich ergibt, daß die dunkleren Partien eine größere Auslöschungsschiefe haben.

Diese Eigenschaft, samt der Erscheinung, daß der Achsenwinkel um α kleiner wird, sowie das Erscheinen von bläulichen Tönen würde mit der Annahme stimmen, daß hier eine Verbindung von der Art der normalsymmetrischen Amphibole mit der Richtung α näher an die c-Achse als Endglied vorliegt.[2]

Prof. Becke hat auf Grund des Verlaufes der entsprechenden Isopolarisationskurven darauf hingewiesen, daß in einer isomorphen Reihe: Aktinolith—Riebeckit die Auslöschungsschiefe mit Fe_2O_3 wachsen, der Achsenwinkel um α kleiner werden muß.

Die Abnahme der Doppelbrechung der eisenhaltigen Glieder steht damit im Einklange. Wie es kommt, daß der Fe_2O_3-reiche Soretit der eisenoxydulreichen Hornblende von

[1] Adams and Harrington, On a new Alkali Hornblende. Am. Journ. of Sc., 3, 1896. Murgoci zählt diese Hornblende auf Grund der chemischen Ähnlichkeit (MgO vertreten durch FeO) in die Gruppe der gemeinen Hornblenden.

[2] Vgl. Hlawatsch, Tscherm. Min. Mitt., 1903, p. 499.

Edenville in bezug auf den Achsenwinkel und die Auslöschungsschiefe ähnlich ist, ist unklar.

Basaltische Hornblende.

Nachdem in der vorhergehenden Gruppe Hornblenden behandelt wurden, die mit Zunahme des Eisengehalts eine Verminderung der Doppelbrechung zeigen, war es von Wichtigkeit, eine Untersuchung der basaltischen Hornblende durchzuführen, welche durch Vorherrschen der Sesquioxydmoleküle sich auszeichnet.

Wir haben über die optische Orientierung der basaltischen Hornblende außer von petrographischen Beobachtungen Angaben von

1. Haidinger, Hornblende von Czernosin:

$$\beta = 1{\cdot}71, \quad c : \gamma = 1^\circ\,40', \quad 2V = -79^\circ\,24';$$

2. Michel Lévy und Lacroix, Hornblende von Böhmen:

$$\alpha = 1{\cdot}680, \quad \beta = 1{\cdot}725, \quad \gamma = 1{\cdot}752, \quad c : \gamma = 0 \text{ bis } 10^\circ, \quad 2V = 80^\circ;$$

3. Becke[1] gibt die Dispersion der Bisectricen in den schwarzen basaltischen Hornblenden zu $c : \gamma_\rho > c : \gamma_v$ an, wenn die Mittellinie γ im stumpfen Winkel β liegt. Das Entgegengesetzte findet statt, wenn γ im spitzen Winkel β liegt (in Gesteinen von Columbretes).

Hornblende aus den Gesteinen der Columbretes hat:

$$\gamma - \alpha = 0{\cdot}046, \quad 2V = \text{ca. } 80^\circ.$$

Wegen der von Michel Lévy und Lacroix angegebenen, außerordentlich großen Doppelbrechung steht die basaltische Hornblende außerhalb der Reihe der gemeinen Hornblenden.

---

[1] F. Becke, Gesteine der Columbretes. Tscherm. Min. Mitt., 1897, Bd. XVI, p. 159. Die Dispersion $c : \gamma_\rho > c : \gamma_v$ wird hier angegeben für die Hornblende aus dem Basalttuff in Böhmen sowie aus dem Phonolith von Rongstock (nach Blumrich). — Im Werke von Rosenbusch ist infolge eines Druckfehlers der Sinn der Dispersion der Bisectrix umgekehrt angegeben.

Hornblende von Lukow.

Durch gütige Vermittlung von Prof. Becke erhielt ich von Prof. Hibsch lose Krystalle von Lukow, welche von ihm selbst an Ort und Stelle gesammelt waren. Prof. Hibsch hatte die Freundlichkeit, gleichzeitig zwei Analysen mitzuteilen, welche von H. F. Hanusch ausgeführt wurden und sich auf Krystalle dieses Vorkommens beziehen. Um sie als Mittelwerte für diese Hornblenden ansehen zu dürfen, wurde das Analysenmaterial so gewonnen, daß viele kleinere Krystalle verwendet wurden, reine Partien ausgesucht, pulverisiert und vermengt wurden. Die Analysen ergaben (Hanusch):

	I.	II.
SiO_2	39·60	39·90
TiO_2	2·50	2·90
F	0·10	
Al_2O_3	18·51	17·03
Fe_2O_3	5·50	4·14
FeO	2·26	4·00
MnO	0·74	0·23
CaO	12·57	12·70
MgO	14·11	14·39
K_2O	1·87	2·19
Na_2O	2·58	2·51
H_2O	0·26	0·48
CO_2	0·07	
	100·67	100·47
$O=F_2$	0·04	
	100·63	

Die Krystalle haben ein zerflossenes, korrodiertes Aussehen und zeigen auch im Inneren Hohlräume, die wahrscheinlich mit Gasen ausgefüllt waren. Dies wird im Zusammenhange stehen mit der von F. Cornu beschriebenen

Erscheinung, daß die Mandelbildung immer an Hornblendekrystalle gebunden ist.

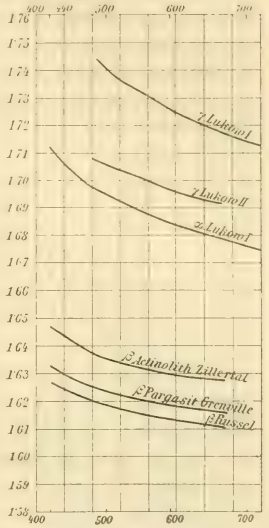
Es konnten an Lukower Hornblenden folgende Formen bestimmt werden:

(110), (010), (001), (021), (031), (111), (131), ($\bar{1}11$) (Aufstellung nach Goldschmidt).

Häufige Zwillingsbildung nach (100).

Die Form der Zwillingskrystalle ist abweichend von der der einfachen und die Formveränderung ist hier durch das raschere Wachsen längs der Zwillingsgrenze in der Richtung der Vertikalachse, der gemeinsamen Kantenrichtung, bewirkt. Vgl. hierüber Becke, Die Tracht der Krystalle; Vorträge des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse in Wien, 47. Jahrg., H. 13, 1907.

In einem Dünnschliff nach (010) beobachtete ich ein unregelmäßiges Hornblendebruchstück, in welchem Zwillingslamellen zu sehen sind, welches (nicht orientiert) im Krystall als fremder Körper liegt. In der Auslöschungsschiefe und in der Doppelbrechung wurde kein merklicher Unterschied von dem Wirt beobachtet.



Dispersion der Brechungsindices.

Fig. 5.

Die Mittellinie γ ist nach vorn gerichtet und bildet mit der Hauptachse die Winkel:

λ	$c : \gamma$
668	3° 24′
589	2 47
480	1 43

auf (010) gemessen.

Zur Bestimmung der Brechungsindices wurden zwei Prismen verwendet, von denen eines so orientiert ist, daß die brechende Kante beinahe parallel der Mittellinie α liegt und die Begrenzungsflächen in bezug auf die Achsenebene symmetrisch liegen, an dem anderen aber ist die brechende Kante parallel γ und die Begrenzungsflächen sind in bezug auf den optischen Hauptschnitt γ, β annähernd symmetrisch.

Da infolge der Absorption der Prismenwinkel nur klein sein konnte, war es von großer Wichtigkeit, daß die Flächen vollkommen eben auch am Rande sind.[1] Knapp an der brechenden Kante läßt sich eine leichte Krümmung schwerlich vermeiden; über den daraus resultierenden Fehler siehe Voigt, Z. f. K., V, 113.

Ich erhielt:

I. Prismenwinkel $= 16° 02'$	II. Prismenwinkel $= 16° 20'$
$\gamma = 1{\cdot}7270$	$\gamma = 1{\cdot}6975$
$\alpha = 1{\cdot}6847$	$\beta = 1{\cdot}6867$
$\gamma - \alpha = 0{\cdot}0423$	$\gamma - \beta = 0{\cdot}0108$

Die Methode der Totalreflexion erlaubt eine annähernde Kontrolle dieser Werte.

Während die Werte für α noch ziemlich sicher bestimmbar und die dritte Dezimale sicher richtig ist, sind die Werte für γ nur sehr angenähert, weil hier keine schärfere Grenzlinie zu beobachten ist.

Doch liegt die Fehlergrenze tief unter den beobachteten Differenzen zwischen denselben Brechungsindices.

I. Na		II.	
	$\gamma = 1{\cdot}7238$		$\gamma = 1{\cdot}6976$
	$\beta = 1{\cdot}7053$		$\beta = 1{\cdot}6857$
	$\alpha = 1{\cdot}6811$		$\alpha = 1{\cdot}6720$
	$0{\cdot}0427$		$\gamma - \alpha = 0{\cdot}0256 - 0{\cdot}0259$

[1] Die Herstellung der Prismen besorgte die Firma Voigt & Hochgesang. Die Möglichkeit der Kontrolle der Orientierung ist immer mit Hilfe von leicht herzustellenden Spaltflächen gegeben.

An einem anderen Krystall:

III. $\gamma = 1{\cdot}6974 \pm 0{\cdot}002$
$\beta = 1{\cdot}6866$
$\alpha = 1{\cdot}6774$
$\gamma - \alpha = \text{ca. } 0{\cdot}020$

Es wurde noch die Höhe der Doppelbrechung an einer Platte $\bar{1}10$ mit dem Kompensator von Babinet bestimmt (von einem kleineren Krystall).

$(\gamma - \alpha)_{Na} = 0{\cdot}030$, Plattendicke $= 0{\cdot}0178$ *mm*.

Zur Bestimmung des Achsenwinkels[1] wurden Flächen, deren Normale wenig von den Achsen abweicht, angeschliffen:

	$c:1$	cB	$c:\gamma$	$2V_\alpha$
Rotes Licht ($\lambda =$ ca. 0·67).....	56° 59′	−49° 08′	3° 56′	73° 53′
$\lambda = 589$	56° 06′	49° 21′	3° 23′	74° 28′

Die Dispersion der Brechungsindices:

I. Prisma.

λ	$\alpha_D - \alpha_\lambda$	$\gamma_D - \gamma_\lambda$	$\gamma - \alpha$
ca. 723	+0·0091	+0·0155	0·0363
705	81	131	
685	61	114	
668	44	97	0·0374
645	37		
636	31	57	0·0401
617	21	47	
589	—	—	0·0427
563	−0·0020	−0·0034	
509	91	115	
497		146	
488	125	162	0·0464
480	138		
464	166		
458	182		
452	193		
434	234		

II. Prisma.[2]

λ	$\beta_D - \beta_\lambda$	$\gamma_D - \gamma_\lambda$
668	+0·0060	0·0060
636	40	46
617	23	26
589	0·0000	0·0000
563	— 13	— 10
538	46	43
497	89	83
488	103	94
480	116	103

Sp. G. von Prisma I 3·211, von Prisma II bedeutend kleiner. Kr. III Sp. G. 3·206.

[1] An diesem Krystall wurde die FeO-Bestimmung gemacht — 1·70% FeO.

[2] Die am zweiten Prisma abgelesenen Werte sind weniger genau, weil γ nur schwach zu sehen war.

Die Dispersion der Doppelbrechung mit dem Kompensator (Pl. ‖010):

λ	$\gamma-\alpha$
668	0·0290
589	0·0306
464	0·0326
434	0·0330

Pleochroismus γ — braun g (am ähnlichsten).
α — » v. Plattendicke 0·0178.

Das Resultat ist also überraschend. Die Differenzen der Brechungsindices und der Doppelbrechung sowie auch der Dispersion der Brechungsindices sind hier außerordentlich groß und es müssen hier mindestens zwei Arten von Krystallen unterschieden werden: 1. Krystalle von einer Doppelbrechung, welche in der Gruppe der gemeinen Hornblenden gewöhnlich ist, und 2. von einer bedeutend größeren.

Die Doppelbrechung, die ich fand: 0·042 (Na) steht zwar der von Michel Lévy und Lacroix gemessenen: 0·072 bedeutend nach, ist aber immerhin sehr groß. Es wären hier zwei Fälle möglich. Entweder haben wir hier mit zwei Generationen zu tun, mit Hornblenden von verschiedener Zusammensetzung oder es liegen hier mehr und weniger veränderte Hornblenden vor, in welchen der Eisenoxydulgehalt nachträglich in Eisenoxyd umgewandelt wurde. Die letztere Anschauung, deren Möglichkeit von Schneider und Belowski experimentell bewiesen ist, hat viel mehr Wahrscheinlichkeit.

Die petrographischen Untersuchungen haben erwiesen, daß solche Hornblenden tatsächlich einer kaustischen Wirkung unterworfen waren.

Im Vorjahre wurde von Seeman[1] die Änderung von optischen Eigenschaften von Hypersthen durch kaustische Einwirkung beschrieben.

---

[1] Ergebnisse einer naturwissenschaftl. Reise zum Erdschias-Dagh (Kleinasien). Petrogr. Teil. Annalen des k. k. Naturh. Hofmuseums, Bd. XXI, H. 3 und 4.

Der optische Achsenwinkel wird hier gegen den Rand zu kleiner um α, wird 0, um dann in entgegengesetzter Richtung auseinanderzugehen (Achsenebene jetzt 001). Die Dispersion der Achsen wird sehr groß von $\rho > v$ um α zu $v > \rho$ um α.

Der Annahme, daß die Unterschiede dieser basaltischen Hornblenden bloß einem verschiedenen Prozentgehalt an Eisen zuzuschreiben wäre, widerspricht vor allem die Beobachtung, daß hier bei zunehmenden Brechungsindices die Doppelbrechung zunimmt, während sie sonst gewöhnlich in den Hornblenden abnimmt. Auch zeigen die Analysen von Hanusch Unterschiede in der Oxydationsstufe, was neben den wohlbekannten Veränderungserscheinungen (Korrosion, Opacitrand etc.) auf Veränderungsvorgänge hinweist, wie es jetzt auch allgemein angenommen wird. Es bleibt also die Erklärung übrig, daß durch nachträgliche Oxydation Spannungszustände bewirkt wurden.

Steigerung der Brechungsindices, der Doppelbrechung, der Dispersion würden damit verbunden sein.

Das spezifische Gewicht des stärker lichtbrechenden Krystalls wurde höher gefunden wie das des anderen. Das spezifische Gewicht des Krystalls, an dem der Achsenwinkel gemessen wurde, entspricht genau dem spezifischen Gewicht des stärker brechenden Prismas.

Es könnten wohl auch zwei Generationen gewesen sein und die in der Tiefe entstandenen Krystalle würden einer stärkeren Veränderung unterliegen.

Klarheit könnte vielleicht die chemische Analyse derselben Krystalle, die optisch untersucht waren, bringen, obgleich die Verhältnisse immer infolge der Zonarstruktur verdunkelt werden.

Hornblende von Jan Mayen.

Die basaltische Hornblende, welche in Stücken des basaltischen Gletscherschuttes, welche von der österreichischen Polarexpedition (ausgerüstet vom Grafen Wilczek) mitgebracht wurden, sich befindet, war Gegenstand einer Abhandlung von R. Scharizer, Die basalt. Hornblende von Jan Mayen etc., N. J. f. M., 1884, II, p. 143, welcher aus der

chemischen Untersuchung dieses Minerals das Syntagmatitmolekül herausgerechnet hat.

Die Analyse von Scharizer ergab:

SiO_2	39·17
Al_2O_3	14·37
Fe_2O_3	12·42
FeO	5·86
MnO	1·50
MgO	10·52
CaO	11·18
K_2O	2·01
Na_2O	2·48
H_2O	0·40
Summe..	99·91

Sp. G. = 3·331,

also

$$^{I\ II}(R_2R)_3(AlFe)_2Si_3O_{12}),$$

wobei

$$(CaO+Na_2O):(MgO+FeO+MnO) = 3:4$$

ist.

Von optischen Angaben hat Scharizer gefunden:

γ schwarz
β orange Radde $5r$
α » » $6p$ $\gamma = \beta > \alpha$

Auslöschungsschiefe = 0. Spaltwinkel = 124° 31·5 (Schrauf).

Über die Art des Vorkommens gibt Scharizer noch an, daß Krystalle, welche in Bomben und Tuffen Jan Mayens vorkommen, häufig sind; in der Nähe der Hornblendefragmente sind größere Blasenräume vorhanden. Manche Krystalle sind mit einer Rinde bedeckt, Beweis der Einwirkung des Magmas. Krystallumrisse haben nur manche Krystalle in den Tuffen, sonst sind sie angeschmolzen.

Aus diesen Beobachtungen ersieht man schon, daß auch hier verschiedene Stadien der Umänderung vorkommen werden.

Die angegebenen Erscheinungen kann man an dem im Wiener mineralogischen Universitätsinstitut noch vorhandenen Material sehr gut wahrnehmen.

Meine Messungen ergaben:

Auslöschungsschiefe:		Doppelbrechung:	
λ	$c:\gamma$	λ	$\gamma-\alpha$
705	3° 10′	668	0·0291
589	2 10	589	0·0312
538	1 55	488	0·0327
471	1 05		
434	0 00		

Achsenwinkel $2V_\alpha = 72°$ (aus Messung der Entfernung der Achse und Mittellinie).

Dispersion: Achse A stark disp. $v > \rho$ um α.
Dispersion von Achse B sehr gering.

Pleochroismus: γ orangebraun m (Stich ins Grünliche).
α » s Dicke $= 0{\cdot}014\ mm$.
$\gamma = \beta > \alpha$.

In einer Flüssigkeit vom sp. G. $= 3{\cdot}271$ schwimmen die Krystalle,
in einer Flüssigkeit vom sp. G. $= 3{\cdot}262$ schweben viele
und bei » » $= 3{\cdot}222$ sank die Mehrzahl.

Bemerkungen über die basaltische Hornblende.

Die durch sehr hohe Brechungsindices sich auszeichnende basaltische Hornblende unterscheidet sich von den meisten »gemeinen« Hornblenden nicht nur durch die starke Doppelbrechung, aber auch durch die Dispersion der letzteren und der optischen Achsen.

Die Dispersion der Doppelbrechung ist $(\gamma-\alpha)_v > (\gamma-\alpha)_\rho$ sehr stark, während bei den früher besprochenen eisenreichen Hornblenden $(\gamma-\alpha)_\rho > (\gamma-\alpha)_v$ oder eine nur schwache Dispersion $v > \rho$ zu beobachten war. Die Achsendispersion ist ebenfalls charakteristisch: $v > \rho$ für $2V_\alpha$.

Achse A sehr stark dispergiert $v > \rho$ um α.

Achse B sehr schwach (an der Lukower $\rho > v$).

Die kleine Auslöschungsschiefe ($c : \gamma_\rho > c : \gamma_v$, wenn γ im stumpfen Winkel β) und die übrigen besonderen Eigenschaften sind hier wohl auf das Vorhandensein des Eisens als Eisenoxyd zurückzuführen, doch spielt hier das Eisen eine andere Rolle wie in den unveränderten Hornblenden.

Der Gruppe der basaltischen Hornblenden sind nach den Untersuchungen von Brögger und Rosenbusch die Barkevikite anzureihen, in welchen das MgO durch FeO vertreten ist.

Die Orientierung (nach den Angaben von Rosenbusch [l. c.]: $c : \gamma = 14°$, $2E_\alpha = 54° 18'$ mit $v > \rho$ um α) stimmt mit der Regel von Tschermak, wonach in eisenreicheren Hornblenden der Achsenwinkel um α kleiner wird.

Ich habe den Barkevikit näher nicht untersucht, da ich über analysiertes Material nicht verfügte. An einem Barkevikit von Frederikvärn (Min. I. 2983) fand ich $c : \gamma = 12$ bis $19°$ (an 010) und sehr schwache Doppelbrechung.

Pleochroismus sehr deutlich $\| \gamma$ rötlichschmutzigbraun, $\| \alpha$ schmutziggelb (hell). Die Prüfung mit dem Kompensator führte zu keinem deutlichen Resultat. Ebenfalls ergab eine sehr gut polierte Platte am Totalreflektometer keine sichtbaren Grenzen der Totalreflexion.

Vom Arfvedsonit unterscheidet sich dieses Mineral durch die Farbe in dünnen Platten sowie durch die Lage der Bisectrix γ, welche hier näher an der Vertikalachse liegt.

Allgemeine Bemerkungen.

Aus der Erscheinung, daß dieselben Bestandteile verschiedene Wirkung auf die optischen Eigenschaften ausüben können, so FeO, Al_2O_3, scheint zu folgen, daß diese in der Konstitutionsformel des Amphibols nicht als einfache Silikate, z. B. $FeSiO_3$, $Al_2Si_3O_9$ etc. vorkommen, sondern als kompliziertere Verbindungen, z. B. die Tschermak'schen Doppelsalze, teilnehmen. Deshalb wurde der Grünerit abgesondert.

In der Aktinolithreihe und in den gemeinen Hornblenden läßt sich keine Steigerung der Doppelbrechung mit dem Eisengehalte wahrnehmen, was sein müßte, wenn das Eisenoxydul in der Grüneritform vorhanden wäre.

Ebenfalls scheint jede Verbindung ihre Eigenfarbe zu haben. Während Grünerit blaßgelblich, schwach gefärbt ist, sind die meisten eisenoxydulhaltigen[1] Verbindungen in der Aktinolith- und gemeinen Hornblende-Reihe grün. Die Glaukophanverbindungen zeigen bekanntlich blaue und violette Farben.

Daß die Absorption mit dem Eisengehalt im Zusammenhange steht, ist bekannt. Es ist aber hier auch ein Zusammenhang zwischen der Absorption mit den Dispersionserscheinungen zu beobachten. Für die basaltischen Hornblenden liegt das eine Absorptionsmaximum für die parallel γ schwingenden Strahlen nahe im Ultraviolett, schon für blaue und violette Strahlen ist sie in dickeren Schichten beinahe undurchlässig. Die Absorption der parallel α schwingenden Strahlen ist gering.

Die Dispersion der Brechungsindices ist der Regel konform, daß sie in der Nähe des Absorptionsgebietes sehr rasch steigen. Wir beobachten ein ungewöhnlich rasches Steigen des Brechungsindex γ für kürzere Wellenlängen, ein viel geringeres für α und die Dispersion der Doppelbrechung ist $(\gamma-\alpha)_r > (\gamma-\alpha)_v$. Dagegen ist in den alkalihaltigen und gemeinen Hornblenden, in welchen die blaugrünen Töne vorwalten für γ, die gelben für die Richtung α, das Umgekehrte der Fall. Es ist $(\gamma-\alpha)_v > (\gamma-\alpha)_r$, die Steigerung von α rascher wie für γ, besonders im Gebiete des roten Spektrums, wo das Absorptionsmaximum im Ultrarot nahe liegt.

Die Dispersion der Doppelbrechung im Aktinolith ist nicht groß, die Absorptionsmaxima im Ultraviolett und Ultrarot scheinen nicht sehr verschieden entfernt zu sein. Es ist aber klar, daß außer der Absorption auch andere Faktoren sich hier geltend machen.

---

[1] Die Umwandlung in Fe_2O_3 bewirkt eine rotbraune Farbe. Geglühte Eisenoxydulverbindungen: Glaukophan, Aktinolith, ferner basaltische Hornblende. Die TiO_2-haltigen sind gelblichbraun.

Es ist bemerkenswert, daß die Ähnlichkeit des Verhaltens der Amphibole und Pyroxene, welche von Tschermak hervorgehoben wurde, sich in Details verfolgen läßt.

In der Pyroxengruppe ist optisch am besten die Diopsid-Hedenbergitreihe dank den Untersuchungen von Wülfing[1] bekannt. Er fand unter anderen folgende Gesetzmäßigkeiten in dieser Reihe:

1. Mit Zunahme von $CaFeSi_2O_6$ erfolgt eine Steigerung der Auslöschungsschiefe (vgl. hierüber auch Wiik, Doelter, Morozewicz).

2. Dispersion der Bisectrix ist $c:\gamma_\rho > c:\gamma_v$, wichtiger Unterschied gegenüber dem Ägirin, bei welchem das Umgekehrte stattfindet.

3. Alle drei Brechungsexponenten nehmen mit dem Eisengehalte zu; die Dispersion der Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ etc. ändert sich vom Diopsidpol zuerst wenig; im Hedenbergit erst zeigt sich eine deutliche Abnahme für alle drei Größen.

4. Der Achsenwinkel ist sehr geringen Schwankungen unterworfen.

Alle die hier angeführten Regeln wurden auch hier gefunden, nur ist an Stelle von Diopsid-Hedenbergit Tremolit-Aktinolith zu setzen und Ägirin der Arfvedsonit.

Die an manchen sehr dunklen Hornblenden beobachteten Erscheinungen sollen weiter studiert werden. Ihre Aufzählung ist p. 901 gegeben.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten hier bestimmten Konstanten für Na-Licht zum Vergleiche nebeneinandergestellt.

---

[1] Beiträge zur Kenntnis der Pyroxenfamilie etc. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi der Universität Tübingen, 1891 (Heidelberg).

Na-Licht	α	β	γ	$\gamma-\alpha$	$c:\gamma$	$2V$
Tremolit Schweiz	1·6000	1·6155	1·6272	0·0272	15° 25′	79° 38′
» Albrechtsberg	1·6044	1·6198	1·6315	0·0272	15	82 30 (ber.)
Aktinolith Pierrepont	1·6065	1·6210	1·6319	0·0254	16 54	84 05
» Zillertal I	1·6139	1·6297	1·6410	0·0271	16 31	79 49
» » II	1·6209	1·6365	1·6466	0·0257	17	75 56 (ber.)
Richterit I	1·6151	1·6294	1·6367	0·0216	16 55	68 34
» II	1·618(6)	1·632(1)	1·637(6)	0·0190		
Hornblende von Snarum	1·6255	1·6385	1·6501	0·0246	18	
Tremolit Gouverneur	1·5996	1·6131	1·6244	0·0248	16 39	81 33
» Pierrepont	1·6042	1·6185	1·6299	0·0257	17	82 45 (ber.)
» Edenville	1·603(2)	1·616(1)	1·628(1)	0·0249		
Hornblende von Russel	1·6017	1·6134	1·6244	0·0227	19 31	86 14
» » Pargas	1·6158	1·6205	1·6353	0·0195	26 57	+58 51
» » Grenville	1·6142	1·6180	1·6332	0·0190	27 34	+51 55
Karinthin, Saualpe	1·6305	1·6430	1·6530	0·0225	17 39	85 08
Hornblende von Edenville	1·6545	1·6655	1·6747	0·0207	18·5	90
» vom Vesuv				0·017	26	68
Grünerit	1·672(0)	1·697(5)	1·717(2)	0·045	11	82
Basaltische Hornblende von Lukow I	1·684(7)		1·727(0)	0·042	3	74 28
» » » » II		1·686(7)	1·697(5)	(0·026)		
» » » Jan Mayen				0·031	2	72
Gastaldit	1·630(9)	1·646(3)	1·648(8)	0·018	7·5	42
Arfvedsonit, Grönland	1·675(7)		1·677(0)			

Inhalt.

Seite

Einleitung 875

Methoden der Untersuchung 881

Dispersionserscheinungen 882
Absorptionsmessungen 896
Stark absorbierende Krystalle 900

I. Einfache Verbindungen 906

Grünerit 907
Einfluß der Zwillingsbildung 913

II. Tremolit-Aktinolith 914

Tremolit von der Schweiz 914
» vom Waldviertel 916
Aktinolith Pierrepont 917
» Zillertal 918
Richterit 922
Hornblende von Snarum 925
Bemerkungen 926

III. Tremolit-Pargasit 928

Hornblende von Gouverneur 928
» » Pierrepont 929
» » Edenville 929
» » Russel 929
» » Pargas 932
» » Grenville 935
Bemerkungen 940
Gastaldit 943

IV. Gemeine Hornblenden 945

Karinthin 947
Edenville 948
Vesuv 951
Bemerkungen 954

V. Basaltische Hornblenden 957

Lukow 958
Jan Mayen 963
Bemerkungen 965
Barkewikit 966

VI. Zusammenstellung 966

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. VIII. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Über den in den Wurzelknöllchen von Elaeagnus angustifolia und Alnus glutinosa lebenden Fadenpilz

von

Franz Zach.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Oktober 1908.)

Über den in den Wurzelknöllchen von *Alnus* und den Elaeagnaceen lebenden Pilz ist trotz der vielen diesbezüglichen Arbeiten noch immer keine einheitliche Auffassung zu finden. Zuletzt beschrieb C. G. Björkenheim[1] bei *Alnus incana* einen echten Hyphomyceten, doch vermochte er mit seiner Ansicht nicht allgemein durchzudringen, so daß die systematische Stellung des Pilzes noch unklar erscheint.[2] Dies veranlaßte mich, die Wurzelknöllchen von *Elaeagnus angustifolia* unter stetem Vergleiche mit *Alnus glutinosa* zu studieren. Hiebei erwies sich, wie ja schon frühere Autoren festgestellt haben und soweit die Ergebnisse reichen, der Pilz in beiden Fällen identisch. Wenn auch die gemachten Befunde noch manches in dieser Frage offen lassen, so vor allem die Frage über die Fortpflanzung des

[1] C. G. Björkenheim, Beiträge zur Kenntnis des Pilzes in den Wurzelanschwellungen von *Alnus incana*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, XIV. Bd., 1904, daselbst auch weitere Literatur.

[2] So sagt z. B. G. Lindau in P. Sorauer's Handbuch für Pflanzenkrankheiten, III. Aufl., II. Bd., p. 17, 1905, in Bezug auf diesen Pilz: »Die systematische Stellung dieses Pilzes ist noch unklar; doch kann er nicht zu den Myxomyceten gehören«.

Pilzes, so mögen sie doch dargestellt werden, da sie wenigstens über dessen systematischen Wert eine Entscheidung treffen.

Das untersuchte *Elaeagnus*-Material stammt aus einem Privatgarten in Saaz (Böhmen), das von *Alnus* aus Erlenbeständen bei Purkersdorf in der Nähe von Wien.

Die Knöllchen wurden im Frühjahre 1908 gesammelt und teils in frischem Zustande untersucht, teils in Merkel's Flüssigkeit fixiert und in Paraffin eingebettet. Daneben kam von *Elaeagnus* auch Formolmaterial zu ausgiebiger Verwendung, das im Sommer 1907 gesammelt worden war. Sowohl vom frischen wie vom Formolmaterial wurden Freihandschnitte gemacht, während vom eingebetteten Material Mikrotomschnitte von 3 μ bis 10 μ Dicke angefertigt wurden.

Von Reagentien und Färbemitteln wurde bei den Freihandschnitten mit bestem Erfolge Chlorzinkjod, Anilin-Safranin *(Alnus)* angewendet; weniger gut erwies sich die Färbung mit alkoholischer Methylenblaulösung. Das von Björkenheim[1] gebrauchte Ziel'sche Karbolfuchsin ergab bei Freihandschnitten wegen seines starken Tinktionsvermögens ein wenig befriedigendes Resultat, bewährte sich aber bei Mikrotomschnitten von 3 μ Dicke in bester Weise. Letztere wurden auch nach Angabe Shibata's[2] mit Methylenblau-Säurefuchsin gefärbt, allerdings ohne den gewünschten Erfolg. Guten Einblick erhielt man auch durch Behandlung der Freihandschnitte mit konzentrierter Chloralhydratlösung (Möller,[3] Björkenheim[1]) und darauffolgende Untersuchung in Wasser. Bei *Alnus* konnten in einigen Fällen auch durch Anwendung verdünnter Schwefelsäure die Hyphen sichtbar gemacht werden, während diese Behandlung bei *Elaeagnus* versagte.

Zur Untersuchung wurde Reichert: Hom. Imm. $^1/_{12}$, Apert. 1·35, Ok. 5 und Ok. 2 benützt und die Zeichnungen mit dem Abbe'schen Zeichenapparate ausgeführt.

---

[1] L. c.

[2] K. Shibata Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen. Pringsh. Jahrb. f. w. Bot., Bd. 37, 1902, p. 643 bis 684.

[3] H. Möller, Beiträge zur Kenntnis der *Frankia subtilis*, Brunch. Ber. d. D. bot. Ges., VIII, 1890, p. 215 bis 224.

Der Pilzsymbiont.

In allen Fällen wurde sowohl in den Knöllchen selbst wie in den Wurzeln an den Ansatzstellen der Knöllchen *(Elaeagnus angustifolia)* ein Fadenpilz gefunden, wie ihn Björkenheim bei *Alnus incana* nachgewiesen hat.

An Schnitten von frischem Material, die einige Stunden in Chloralhydrat gelegen waren, traten die Hyphen recht deutlich hervor. Sie zeigten sich als feine dunkle Striche, die von einem hellen Rande umgeben waren. (Fig. 1 bis 3.) Letzterer färbte sich mit Chlorzinkjod gelb. Bei Zusatz von alkoholischem Methylenblau färbte sich die Hyphenmembran schwach grünlichblau, während der Plasmainhalt als tief blauer Strich hervortrat. Ebenso nahm sie auch, mit Anilin-Safranin behandelt, (Formolmaterial von *Alnus*) nur eine schwach orangegelbe Färbung an.

Auch an älteren, in Glyzerin aufbewahrten Schnitten[1] konnten an dünnen Anschnittstellen die Hyphen in ihren Einzelheiten erkannt werden; ja sogar auch an frischem Material ohne jede Behandlung bei einfacher Untersuchung im Wasser. Dies gelang allerdings nur sehr selten und nur in besonders günstigen Fällen.

Am geeignetsten aber erwiesen sich zum Sichtbarmachen der Hyphen Mikrotomschnitte von 3 μ Dicke *(Elaeagnus)* bei Anwendung starker Vergrößerungen und intensiven Lichtes. Ich benützte dazu durchwegs den Auerbrenner. Mit dem Ziel'schen Karbolfuchsin gefärbt, erschienen dann die Hyphen neben den Membranen der Wirtszellen in intensivem und leuchtendem Rot. (Fig. 4, 5.)

Die Hyphen leben rein intracellular, verzweigen sich reichlich und ziehen entweder einzeln oder zu Strängen vereinigt von Zelle zu Zelle. Bei *Alnus* konnte man sie im besten Falle in vier hintereinander gelegene Zellen eintreten und auch

---

[1] Die Schnitte waren, um die verkorkten Zellwände zu färben, nach Durchtränkung mit verdünnter Sudan III-Lösung auf dem Objektträger in Glyzerin gekocht und dann sofort eingeschlossen worden; vergl. E. Küster, Patholog. Pflanzenanatomie, 1903, p. 165, Anm. 1.

die benachbarten Zellen noch infizieren sehen. Gleiches wurde auch bei *Elaeagnus* beobachtet. Björkenheim[1] hat dieses Verhalten der Hyphen in Fig. 1 seiner Arbeit abgebildet.

In den Zellen selbst verästeln sie sich reichlich, knäueln sich zusammen (Fig. 4) und bilden so den neben dem hypertrophierten Kerne meist zentral gelegenen und in der Regel mittels dünner Plasmafäden in der Zelle aufgehängten Klumpen. Die Hyphen sind sehr subtil: sie weisen nur eine Dicke von 1 bis 2 μ auf. Eine deutlich doppelt konturierte Membran, wie eine deutliche Septierung konnte an ihnen des öfteren unzweifelhaft konstatiert werden.

Es ist also außer Frage, daß es sich um einen echten Hyphomyceten handelt, den schon der erste Autor Woronin[2] als *Schinzia Alni,* dann Brunchorst[3] als *Frankia subtilis* bezeichnet haben, während ihn Frank[4] als einen spaltpilzähnlichen feinfädigen Hyphenpilz beschreibt und Shibata[5] von ihm einen auch mehr den Spaltpilzen als den Fadenpilzen ähnlichen Bau angibt.

Nach letztgenanntem Autor, der die Knöllchen von *Alnus incana* untersuchte, zerfallen die Fäden sehr oft in verschieden lange, gerade oder gekrümmte Stäbchen, die eine innere Differenzierung in Plasma und Kern und ebenso auch eine deutlich unterscheidbare Haut nicht erkennen lassen. Im Verlaufe der Fäden beobachtete er auch kugelige oder ellipsoidische »sporenähnliche« Knötchen, die sich intensiv mit Methylenblau färben, während sich die Fäden dabei nur schwach tingieren.

---

[1] L. c.

[2] Woronin, Über die bei der Schwarzerle und der Gartenlupine auftretenden Wurzelanschwellungen. Mém. de l'Acad. imp. de St. Pétersb. Sér. VII, I, X, No. 6.

[3] J. Brunchorst, Über einige Wurzelanschwellungen, besonders diejenigen von *Alnus* und der Elaeagnaceen, Unters. aus dem bot. Institut zu Tübingen, Bd. II, H. II, 1886, p. 151 bis 178. — J. Brunchorst, Bergens Museums Aarsberetning, 1887, p. 235 bis 247.

[4] Frank, Über die auf Verdauung von Pilzen abzielende Symbiose der mit endotrophen Mykorrhizen begabten Pflanzen, sowie der Leguminosen und Erlen. Ber. d. D. bot. Ges., IX., 1891, p. 244 bis 253.

[5] L. c.

Björkenheim,[1] der diesen Zerfall der Hyphen nur in seinen Kanadabalsam-Präparaten, nicht aber in den mit Chloralhydrat behandelten Schnitten fand, ist geneigt, ihn als eine Folge der Einbettung anzusehen. Zu gleicher Ansicht kam auch ich bei den Bildern, welche die Schnitte von *Elaeagnus* ergaben, die nach Shibata's Vorgange mit Methylenblau-Säurefuchsin gefärbt worden waren. Es machte ganz den Eindruck, daß die »Stäbchen« kontrahierter Plasmainhalt seien, der sich mit Methylenblau stark färbt, während die Hyphenmembran, wie schon erwähnt, diesen Farbstoff nur schwach annimmt und deshalb leicht übersehen werden kann. Auch die »sporenähnlichen« Knötchen dürften so zu deuten sein.

Auch bei vorliegender Untersuchung kamen, allerdings nur in sehr wenigen Fällen, an frischem Material bei Untersuchung in Wasser, wie an Formolmaterial bei Untersuchung in Chloralhydratlösung bakterienähnliche, längere Stäbchen zur Beobachtung, die sich aber ganz anders verhielten, als es Shibata[2] angibt und abbildet. Sie kamen stets in sehr großer Anzahl vor und fanden sich immer in einer hellen, homogenen in Wasser anscheinend aufquellenden, schleimähnlichen Grundmasse eingebettet, welche das ganze Zellumen erfüllte. Stets waren die stäbchenführenden Zellen von den pilzführenden umgeben und waren immer nur vereinzelt vorhanden. Es handelt sich da wohl nicht um einen zweiten Parasiten, sondern, wie später ausgeführt werden soll, allem Anscheine nach um ein Stadium des Verdauungsvorganges.

An *Elaeagnus*-, wie an *Alnus*-Knöllchen, die im Sommer gesammelt wurden, waren auch die schon öfter beschriebenen und vielfach gedeuteten Bläschen zu sehen. (Fig. 3.) Sie besitzen bei *Elaeagnus* einen Durchmesser von 3 bis 4·5 μ, zeigen eine deutliche Membran und einen hellen Inhalt, der, wie schon früher bekannt, in einzelne Teilstücke zerfallen kann. Sie stellen terminale Anschwellungen der Hyphen vor und sind nach den Angaben der früheren Autoren reich an Eiweißstoffen.

---

[1] L. c.

[2] L. c.

Brunchorst,[1] der sie 1886 eingehend beschrieb, und Möller[2] (1890) hielten sie für Sporangien, während Frank[3] (1887) in ihnen »Anhäufungen neugebildeter protoplasmatischer Eiweißsubstanz in sphärisch ausgeweiteten Räumen des ursprünglich porösen Protoplasmakörpers« erblickte. Nach Kny seien sie Haustorien, während sie nach Shibata,[4] der in seiner Arbeit auch ihre Entstehung und ihr weiteres Schicksal eingehend behandelt, eher als Degenerationsform des Pilzes aufzufassen seien. Das Verhalten dieser Bläschen wurde zwar des näheren nicht untersucht, doch dürfte die Ansicht Shibata's dem allgemeinen Befunde nach den meisten Anspruch auf Wahrscheinlichkeit erheben.

Verdauung des Pilzes durch die Wirtszelle.

Von den Autoren wird übereinstimmend angegeben, daß die Pilzfäden und die Bläschen im weiteren Verlaufe verdaut werden.

Nach Brunchorst[1] enthalten später die Zellen von *Alnus* einen »farblosen oder gelbgefärbten, cystolithenartigen Klumpen ohne weitere Struktur«, während bei *Elaeagnus* und *Hippophaë* die Zellen kollabieren, so daß ihr Inhalt, eine gelbliche, wachsartige Masse, scheinbar in die Intercellularräume zu liegen kommt. In diesem Klumpen finden sich neben mehr oder weniger tinktionsfähigen Hyphen auch immer zerstörte Bläschen.

Shibata[4] gibt an, daß sich die Bläschen von den Fäden loslösen und beide dann in toto verdaut und resorbiert werden, ohne daß eine deutliche Hautsubstanz zurückbleibt. Man findet nach diesem Autor einen großen, schwach färbbaren Klumpen, welcher aus der mehr oder weniger chemisch veränderten, wabigen, protoplasmatischen Zwischensubstanz besteht und in dem noch einige unverdaute Pilzgebilde und eine Anzahl von rotgefärbten (Säurefuchsin) »Sekretkörperchen« zerstreut liegen. Später schrumpft der wabige Klumpen zusammen und wird zu

[1] L. c.

[2] L. c.

[3] Frank, Sind die Wurzelanschwellungen der Erlen und der Elaeagnaceen Pilzgallen? Ber. d. D. bot. Ges., V., p. 50 bis 57.

[4] L. c.

fester Masse umgewandelt, wobei nach vollzogener Verdauung die »Sekretkörperchen« verschwinden. Der Autor fand dieselben nur in den infizierten Zellen und beschreibt sie als kleine, rundliche oder ovale Gebilde mit einem zentralen Hohlraume, wahrscheinlich einer Vakuole und mit Säurefuchsin oder Eosin färbbar. Nach seiner Ansicht Produkte des Zellplasmas der Wirtspflanze, finden sie sich in den plasmatischen Wabenwänden eingebettet und erscheinen später aufgequollen und vielfach miteinander verschmolzen.

Die vorliegenden Untersuchungen über die Verdauung des Pilzes ergaben ein von dem Vorhergesagten abweichendes Resultat. Sie wurden an frischem Material von *Alnus* und *Elaeagnus* und eingebettetem Material von *Elaeagnus* durchgeführt. Zum Studium der ersten Stadien des Verdauungsprozesses wurden hauptsächlich Knöllchen von *Alnus* verwendet, wiewohl *Elaeagnus* in seinem Verhalten von dem bei *Alnus* zu findenden nicht abweicht, da sie in reichlicherem Maße zur Verfügung standen.

An Freihandschnitten von *Alnus*-Knöllchen erscheinen an den weiter von der Astspitze entfernt gelegenen, also älteren Stellen des Wurzelastes die Pilzklumpen in den Zellen vielfach verändert und degeneriert. Neben diesen Pilzklumpen, häufig noch denselben aufsitzend, treten da eigenartige runde oder ovale Körper von ölartiger Konsistenz auf, anfangs nur in geringer, später aber in größerer Anzahl, die das regste Interesse verdienen und daher im folgenden besprochen werden sollen. Neben Zellen mit verschiedenen Degenerationsstadien des Pilzes findet man gleichzeitig auch Zellen, in denen der Pilzklumpen bereits vollkommen verschwunden ist, so daß dann nur mehr die ölartigen Körper allein auftreten, jetzt meist in größerer Zahl und eingebettet in einer hellen, schleimähnlichen, das freie Zellumen erfüllenden Grundmasse. (Fig. 6.) Ich will sie, was später begründet werden soll, als »Exkretkörper« bezeichnen. Manchmal finden sich neben ihnen noch Reste des ursprünglichen Plasmakörpers der Zelle erhalten. Außer in Form solcher frei suspendierter Körper tritt die Exkretsubstanz vielfach auch in einer Ecke der Zelle als sichel- oder halbmondförmiger Wandbelag (Fig. 6) oder auch in Form von wand-

ständigen Tropfen auf. Die freien Exkretkörper besitzen verschiedene Größen; die kleinsten sind häufig in molekularer Bewegung begriffen, während die größeren ruhig in der Zelle herumliegen. Je nach ihrem Alter weichen sie voneinander auch in ihrer Beschaffenheit und in ihrem Verhalten gegenüber Reagentien ab. Im jüngsten Stadium sind sie ölartig und schwach gelblich gefärbt. Sie verschmelzen da sehr leicht miteinander oder mit dem Wandbelag. Setzt man dem Präparate Alkohol in verschiedener Konzentration oder Chloroform zu, so lösen sich die Exkretsubstanzen auf und das geschieht meist so rasch, daß man den Vorgang kaum verfolgen kann. Während des Auflösungsprozesses verschmelzen sie gern miteinander.

Mit der Zeit geht aber ihre weiche, ölartige Konsistenz verloren, indem sie sich unter zunehmender Bräunung verfestigen. Sehr rasch erhärtet in der Regel die Oberfläche des Körpers, so daß eine dünne, membranartige Hülle entsteht (Fig. 7*a*), welche eine Zeitlang noch den ölartigen Inhalt einschließt. Im weiteren Verlauf erhärtet dann auch dieser Inhalt; er wird von außen nach innen fortschreitend nach und nach dickflüssiger und schließlich ganz fest (*b*), wobei häufig eine feine, konzentrische Schichtung zur Beobachtung kommt. Im Innern des Körpers finden sich dann häufig noch ein oder einige wenige ölartige Einschlüsse (*c*). Setzt man diesem Stadium die angeführten Reagentien zu, dann löst sich die Exkretsubstanz um so leichter auf, je weniger sie erhärtet ist. Es bleibt dann die dünne Außenhülle oder ein größerer oder kleinerer Schichtenkomplex erhalten. Der Auflösungsprozeß beginnt von den ölartigen Einschlüssen aus, indem sich dieselben auf Kosten der erhärtenden Substanz vergrößern, um dann zu verschwinden. Auf welchem Wege die Reagentien eindringen, respektive die gelösten Substanzen austreten, war nicht festzustellen gewesen. Sind mehrere derartige Einschlüsse vorhanden und es entstehen bei Zusatz der Reagentien oft spontan neben dem zentral gelegenen Ölkörper ein oder mehrere neue, dann verschmelzen die peripher gelegenen meist erst mit dem zentralen Tropfen, um sich dann ganz wie angegeben zu verhalten (Fig. 8).

Ist der Verfestigungsprozeß beendet, dann sind die Exkretsubstanzen hornartig geworden und weisen eine dunkelbraune,

mattglänzende Farbe auf. Ihre ölartigen Einschlüsse sind verschwunden und an ihrer Stelle meist anscheinend leere Hohlräume zurückgeblieben. Nur manchmal findet man in denselben unbestimmte, dem Anscheine nach gasförmige Inhaltskörper (Fig. 15). Sie sind nun nicht mehr in Chloroform und Alkohol löslich und werden weder von Salz- oder Salpetersäure, auch nicht in kochendem Zustande, noch von Kalilauge angegriffen. Durch Schwefelsäure werden sie geschwärzt. Mit Methylenblau färben sie sich grünlichblau, mit Anilin-Safranin schwach orangerot; auch tingieren sie sich mit Karbolfuchsin und Säurefuchsin. Die ganz alten Stadien aber haben anscheinend auch ihr Tinktionsvermögen eingebüßt.

Unter den Formen, in denen die Exkretkörper auftreten, herrscht große Mannigfaltigkeit. Im einfachsten Falle sind sie, wie schon erwähnt, kugelig oder oval, in der Regel mit einem oder mehreren Hohlräumen (Fig. 9, 10, 11), oder sie sind tropfenförmig, in die Länge gestreckt usw. (Fig. 12, 13). Bei *Alnus* finden sich sehr häufig mehr oder weniger kugelförmige Körper mit unregelmäßigen Wandverdickungen und Vorsprüngen (Fig. 14, 15, 16), deren Entstehung aus Fig. 8 leicht abgeleitet werden kann. Sie leiten über zu porös aussehenden, plattenförmigen Gebilden (Fig. 17, 18, 19) und zu den eigenartigen gitter- oder netzförmigen Körpern, wie sie namentlich bei *Elaeagnus* auffallen (Fig. 20, 21, 22). Neben diesen Formen von mehr oder weniger bestimmtem Habitus finden sich auch noch ganz unregelmäßige Körper, wie sie Fig. 23, 24 und 25 zeigen.

Um die Veränderungen zu studieren, welche die Pilzhyphen hiebei erleiden, wurden Mikrotomschnitte von *Elaeagnus* untersucht. Es zeigte sich, daß die Hyphen dem Augenscheine nach aufgelöst, also verdaut werden. Während die einen sich noch mit Karbolfuchsin färben, sich also noch ganz wie normale Hyphen verhalten, haben andere ihr Tinktionsvermögen bereits stellenweise verloren oder sind schon vollkommen im Bilde verblaßt und nur mehr schwer sichtbar. Fig. 5 zeigt alle Stadien des Auflösungsprozesses. Neben den Hyphen treten die Exkretkörper auf, die sich sonst nie in den normalen pilzführenden Zellen finden. Selbstverständlich hat man es hiebei nur mit

fortgeschritteneren, erhärteten Stadien zu tun, da ja die ölartigen Körper bei der Einbettung aufgelöst werden. Selbst die erhalten gebliebenen werden von den Einbettungsmedien vielfach noch angegriffen und schrumpfen.

Ist die Verdauung des Pilzes durch die Pflanze vollzogen, dann findet man in den Zellen nur mehr die Exkretkörper vor, manchmal auch noch eingeschlossen von Resten des Wirtsplasmas. Die Gewebspartien, in denen sie sich vorfinden, vor allem sind es die Zellen in den älteren Teilen des Knöllchens und in den äußersten Rindenschichten, sind dann oft so reich an denselben, daß es auffällt, wieso sie bisher der Beobachtung entgangen sind. Hier bleiben sie unverändert erhalten und werden dann teils in der Rinde nach außen mit den Zellen abgestoßen, teils bleiben sie im Innern des Wurzelastes liegen, bis sie durch den Zerfall des Gewebes frei werden. Die sie führenden toten Zellen bilden meist ansehnliche Komplexe.

Die Fadenknäuel des Pilzes und jedenfalls auch dessen Bläschen (Shibata) werden also vom Plasma der Wirtszelle verdaut. Demnach wären die besprochenen bakterienähnlichen Stäbchen als in Auflösung begriffene, fragmentierte Hyphen zu deuten. Die hiebei offenbar durch den Verdauungsakt aus den Hyphen entstandene, schleimähnliche Grundmasse, die nach dem Verschwinden des Pilzes die Zelle erfüllt, wird dem Anscheine nach resorbiert, während die unverwendbaren Reste übrig bleiben. Was nun diese letzteren anbelangt, so läßt ihre Herkunft eine doppelte Deutung zu. Sie können entweder die beim Verdauungsprozeß übrig bleibenden, unverdaulichen Reste des Pilzes vorstellen, oder sie können als Produkte aufgefaßt werden, welche durch Einwirkung des Pilzes auf das Plasma der Wirtszelle aus dem letzteren entstanden sind und als schädlich ausgeschieden werden müssen. Jedenfalls sind es unbrauchbare Stoffe, die weiter keine Verwendung finden und exkrementiert werden, weshalb ich sie als »Exkretkörper« bezeichnet habe.

Die »Sekretkörperchen« Shibata's[1] konnten auch bei Anwendung seiner Methode nicht beobachtet werden. Abge-

[1] L. c.

sehen davon, daß sie nach der Angabe des Autors nach vollzogener Pilzverdauung wieder verschwinden, spricht wohl auch ihre geringe Größe gegen die etwaige Annahme, daß sie mit den »Exkretkörpern« identisch wären, wiewohl sie in ihrer Gestalt, namentlich wenn sie etwas gequollen oder mit einander verschmolzen sind, lebhaft an dieselben erinnern.

Die Arbeit wurde zum Teil in der biologischen Versuchsanstalt in Wien, Prater, ausgeführt. Ich komme an dieser Stelle der angenehmen Pflicht nach, Herrn Leopold Ritter v. Portheim für die freundliche Überlassung eines Arbeitsplatzes, sowie für die mannigfache Förderung, die er der Arbeit zuteil werden ließ, meinen besten Dank zu sagen.

Figurenerklärung.

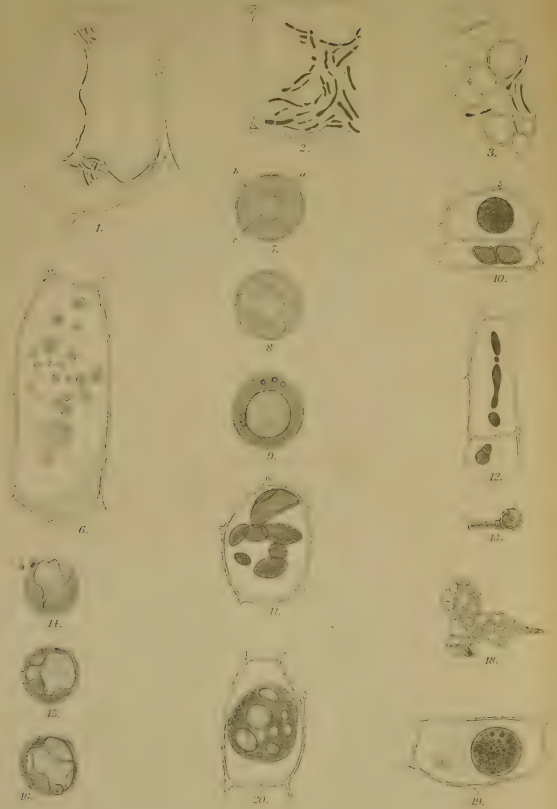
Alle Figuren mit Ausnahme von Fig. 4 und 5 nach frischem Material.

Vergr. Reichert: Hom. Imm. Ok. 5.

Fig. 1 und 2. Freihandschnitt von *Elaeagnus angustifolia*. Färbung: Chlorzinkjod. Fig. 1 Hyphe mit Knäuel, die Zelle durchsetzend, Fig. 2 Hyphenknäuel.
Fig. 3. Freihandschnitt von *Elaeagnus*. Ungefärbt. Bläschen mit Hyphen.
Fig. 4. Mikrotomschnitt von *Elaeagnus*. Färbung: Ziel'sches Karbolfuchsin. Hyphen, daneben hypertrophierter, gelappter Kern mit großem *Nucleolus*.
Fig. 5. Mikrotomschnitt von *Elaeagnus*. Färbung: Ziel'sches Karbolfuchsin. Hyphen in Auflösung begriffen, daneben Exkretkörper.

Vergr. Reichert: Hom. Imm. Ok. 2.

Fig. 6. Freihandschnitt von *Alnus glutinosa*. Zelle mit heller, schleimähnlicher Grundmasse, darin Exkretkörper in ölartigem Zustande.
Fig. 7 und 8. Exkretkörper von *Alnus* in Verhärtung begriffen. *a*. dünne Außenhülle. *b*. verhärtete Schichte. *c*. ölartiger Inhalt (schematisch).
Fig. 9 bis 25. Fig. 14, 15, 16, 25 von *Alnus*, die übrigen von *Elaeagnus*. Verhärtete Exkretkörper in verschiedenen Formen.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.

Fragmente zur Mykologie

(V. Mitteilung, Nr. 169 bis 181)

von

Prof. Dr. **Franz v. Höhnel,**

k. M. k. Akad.

(Mit 4 Tafeln und 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Oktober 1908.)

169. Über Termitenpilze.

Obwohl den Eingebornen Ceylons und Javas und gewiß auch anderer tropischer Länder schon seit langer Zeit bekannt ist, daß an solchen Stellen, wo sich im Boden gewisse Termitennester befinden, mit Vorliebe bestimmte Pilze auftreten und Smeathman[1] schon im Jahre 1781 auf das Vorkommen von Pilzen in Termitennestern in Südafrika aufmerksam gemacht hat, ferner Berkeley und Broome 1847 und 1870 Termitenpilze beschrieben haben, wurden erst in den letzten zehn Jahren nähere Untersuchungen über dieselben und ihre Beziehungen zu den Termiten angestellt.

Am meisten wurde der Gegenstand durch T. Petch in Peradeniya gefördert, der insbesondere die Nester von *Termes Redemanni* Wasm. und *Termes obscuriceps* Wasm. studierte, welche wohl die häufigsten auf Ceylon und Java im Boden vorkommenden Termiten sind. Durch Petch's ausgezeichnete Arbeit angeregt, habe ich nun während meines Aufenthaltes in Buitenzorg und Tjibodas auf Java den Termitenpilzen meine

[1] Die Bibliographie der Termitenpilze und ihrer Beziehungen zu den Termiten findet sich, soweit mir bekannt, vollständig zusammengestellt in der vortrefflichen Arbeit von T. Petch: »The Fungi of certain Termite Nests« in Annals of the Royal Botanic Gardens, Peradeniya, Vol. III, Part II, 1906. p. 263.

Aufmerksamkeit zugewendet und einige Fragen, die noch nicht genügend beantwortet sind, studiert.

Entgegen der gewöhnlichen Meinung, daß die genannten, häufigen Termiten beliebiges, auch frisches Holz angreifen, hat Petch gefunden, daß dieselben unter normalen Umständen nur morsche, von Pilzen infizierte Pflanzenteile, insbesondere Holz, fressen. Sie sind daher im Walde eher nützlich als schädlich, da sie durch die Zerstörung der von den Hyphen durchsetzten Pflanzenteile die weitere Entwicklung der holzzerstörenden Pilze zum mindesten hemmen, wenn nicht ganz verhindern. Die Arbeiter und wahrscheinlich auch die Soldaten der Termiten[1] nähren sich nur von von Pilzfäden durchsetzten Pflanzengeweben (Doflein, Petch). Da nun die einem groben Badeschwamm ähnlichen Waben der Termiten aus den Exkrementen derselben aufgebaut sind, in welchen sich noch lebende Pilzhyphen und Sporen aus den gefressenen Pflanzenteilen vorfinden, erklärt es sich nicht nur, daß aus den Waben Pilze herauswachsen können, sondern auch, warum diese Pilze lauter solche sind, die ursprünglich auf Holz etc. als Schmarotzer wachsen. Aber auch die Tatsache, daß man die Termitenpilze bisher nur selten oder zum Teil noch nie an ihrem ursprünglichen, natürlichen Standorte an Stämmen etc. als Schmarotzer gefunden hat, erklärt sich nun leicht. Ebenso wird es verständlich, warum in demselben Termitennest verschiedene Pilzarten vorkommen können, da die Termiten offenbar beliebige morsche, pilzinfizierte Pflanzengewebe fressen.

Während es daher bei den »pilzbauenden« echten Ameisen Amerikas noch durchaus unklar ist, wie der gebaute Pilz in das Nest gelangt und warum, soweit bekannt, jede pilzbauende Ameisenart nur eine bestimmte Pilzart kultiviert, liegt die Sache bei den Termiten einfacher und klar. Hingegen sollte man meinen, daß infolge der geschilderten Verhältnisse in den Termitennestern zahlreiche beliebige holzbewohnende Pilzarten vorkommen müssen, während tatsächlich nur wenige, bestimmte Formen bisher beobachtet wurden.

[1] Diese und die folgenden orientierenden Angaben beziehen sich nur auf die im Text genannten Termitenarten. Wie sich andere verhalten, ist noch zu untersuchen.

Da nun die Pilze, bevor sie in die Wandungen der Termitenwaben gelangen, den Magen und Darmkanal der Termiten passieren müssen und nur jene Pilzhyphen, welche ohne getötet oder verdaut zu werden, im lebenden Zustand in das Nest gelangen, so ist es wahrscheinlich, daß nicht alle Pilzarten den Verdauungsprozeß vertragen und daher nur einzelne als Termitenpilze erscheinen können. Auch werden nur häufigere Pilzarten im allgemeinen in Betracht kommen. Endlich ist die Möglichkeit vorhanden, daß im Laufe der Zeit eine Anpassung einzelner Pilze an die Termiten stattgefunden hat. So mag es sich erklären, warum es nur wenige Termitenpilze gibt.

So lange die Termitenwaben gut bewohnt sind, können sich die in den Wandungen derselben befindlichen Mycelien nur kümmerlich weiter entwickeln. Betrachtet man eine solche Wabe mit der Lupe, so sieht man, daß ihre Wandungen mit einem graulichweißen dichten Samtüberzug versehen sind, der, wie das Mikroskop lehrt, aus lauter kurzen, senkrecht abstehenden Hyphenenden besteht. In diesem Hyphensamt sitzen nun mehr minder zahlreich 1 bis 2 *mm* große, weiße, kugelige Köpfchen, welche von Petch als »spheres«, von Doflein als »Mycelköpfe« bezeichnet werden. Petch hat den Bau dieser Gebilde näher beschrieben. Doflein stellte durch Fütterungsversuche fest, daß diese Mycelköpfe nur von den Larven und Nymphen sowie von der Königin der Termiten gefressen werden. Von den ausgewachsenen Soldaten und Arbeitern werden sie verschmäht. Ich sah, daß selbst ausgehungerte Arbeiter die Mycelköpfe zwar oft abreißen, aber sie nicht verzehren. In einem Falle wurden dieselben fast sämtlich abgebissen und in einem großen Haufen unter der unter einem Glassturze befindlichen Wabe niedergelegt. Offenbar haben die Arbeiter den Instinkt, die Mycelköpfe abzubeißen und in die unteren Teile der Waben zu tragen, wo sich meist die Larven und Nymphen befinden.

Diese Mycelköpfe scheinen nie auszuwachsen und da in den Waben die Mycelien mehrerer Pilzarten vorkommen, so ist es bisher nicht festgestellt, zu welcher derselben diese Bildungen gehören. Bekanntlich treten in den Pilzgärten der

amerikanischen pilzbauenden Ameisen die von Möller genauer beschriebenen »Kohlrabiköpfchen« auf; diese dienen als Nahrung der Ameisen, sind aber einzellig, während die Mycelköpfchen der Termiten komplizierter gebaut sind. Möller nimmt an, daß die Ameisen durch Abbeißen und Ausjäten ihre Pilzkulturen rein erhalten. Ein ähnlicher Vorgang wird nun auch bei den Termiten angenommen. Da diese aber blind sind, so ist diese Annahme sehr unwahrscheinlich. Meiner Ansicht nach können sich die Pilze in den stark bewohnten Termitenwaben schon deshalb nicht weiter entwickeln, weil sie durch das kontinuierliche Herumlaufen der zahlreichen Tiere daran verhindert werden. So wie auf einer stark betretenen Wiese das Gras kurz bleibt und zuletzt nur gewisse Arten übrigbleiben, die unter den ungünstigen Umständen noch gedeihen können, können sich die Pilze in den Waben der Termiten nicht weiter entwickeln.

Die Termiten leben nur in solchen Waben, welche von lebendem Mycel durchsetzt sind. Sterben die Mycelien aus irgendeinem Grunde ab, so wird die Wabe verlassen. In Kulturen unter Glasglocken kann man öfter beobachten, wie abgestorbene Partien von Waben durch Wände, die aus Erde aufgebaut werden, von den bewohnten lebenden Teilen der Waben abgegrenzt werden.

Aber auch lebende Waben können von den Termiten verlassen werden. Aus solchen entwickeln sich dann die Fruchtkörper der Pilze, die über die Erdoberfläche heraustreten. Ferner ist schon lange bekannt, daß, wenn man lebende Waben unter Glasglocken setzt, die Termitenpilze auch zur Entwicklung kommen.

Als auf Termitennestern wachsende Pilze sind einige Basidiomyceten und Ascomyceten bekannt.

Schon seit Linné ist es bekannt, daß *Podaxon carcinomalis* (L.) Fr. vom Kap der guten Hoffnung auf Termitenhaufen wächst. M. Wacket sammelte diese Art auch bei Franca im südlichen Brasilien auf Termitenhaufen.[1]

[1] Ergebnisse der botan. Exp. der k. Akad. der Wissensch. nach Südbrasilien 1901 in Denkschr. math.-nat. Kl., 83. Bd., p. 16.

Näheres über die Beziehungen dieses Pilzes zu den Termiten ist nicht bekannt.

Aus Ceylon wurden von Berkeley und Broome drei Agaricineen als auf Termitennestern wachsend beschrieben.

Es sind dies: *Armillaria curhiza* Berk., *Lentinus cartilagineus* Berk. und *Collybia sparsibarbis* Berk. und Br.

Holtermann beschrieb ferner aus Ceylon den Termitenpilz *Agaricus (Pluteus) Rajap.*

Petch wies nach, daß diese vier Arten unzweifelhaft miteinander identisch sind, da auf Ceylon nur eine Agaricinee auf Termitennestern vorkommt.

P. Hennings und E. Nyman haben aus Java den Termitenpilz *Flammula Janscana* P. Henn. et E. Nym. (= *Pholiota Janscana* P. H. et E. N. = *Flammula Filipendula* P. H. et E. N.) beschrieben. Mit dieser Art ist nach ihrer Angabe *Pluteus Rajap* Holt. identisch.

Außerdem beschrieben sie aus dem botanischen Garten von Buitenzorg noch die Termitenpilze *Pluteus Treubianus* und *Pluteus bogoriensis.*

Ferner hat P. Hennings noch den *Pluteus termitum* in Fungi Amazon. I in Hedwigia 1904, p. 183, beschrieben.

Nach diesen beiden Autoren würden daher im botanischen Garten von Buitenzorg drei verschiedene Agaricineen auf Termitennestern vorkommen.

Ich habe nun in Buitenzorg und Tjibodas etwa 20 bis 30 Exemplare von Termitenagaricineen zu studieren Gelegenheit gehabt und mich davon überzeugt, daß alle einer und derselben Art angehörten, und zwar derselben Art, die ich in Ceylon kennen gelernt hatte und von welcher ich Exemplare nach Buitenzorg als Vergleichsmaterial mitnahm.

Diese Art ist nun außerordentlich variabel, was übrigens für viele tropische Hutpilze gilt. Die Farbe des Hutes wechselt von hellgrau bis dunkelbraun, die Größe desselben von 2 bis 3 *cm* bis 20 *cm* Breite. Der Stiel ist oft mehr zylindrisch und nur 2 bis 3 *mm* dick, oft unten keulig bis fast zwiebelig aufgetrieben und bis 2 und 3 *cm* dick. Die Länge des Stieles über

der Erde wechselt von 3 bis 4 *cm* bis 20 *cm* und mehr. Die Länge der im Boden eingesenkten Partie des Stieles hängt ganz von der Tiefenlage des Termitennestes ab und kann daher sehr groß sein. Nur in Tjibodas fand ich Termitennester, die nur wenige Zentimeter unter der Erdoberfläche lagen. Dementsprechend hatten die darauf gewachsenen Hutpilze nur kurze unterirdische Stielteile. Die Hutlamellen sind meist frei, seltener mehr weniger angewachsen.

Hat man einige Termitenhutpilze im frischen Zustande gesehen, so erkennt man trotz der Größen-, Farben- und Formunterschiede sehr bald, daß alle gefundenen Formen nur einer und derselben variablen Art angehören. Auch die Farbe des Sporenpulvers ist je nach dem Alter des Pilzes eine von gelblich- oder rötlichweiß durch schmutzigrosa bis fast ockergelb wechselnde. Meist ist dieselbe schmutzig-rosa.

Daraus erklärt es sich, warum der Pilz bald als weiß-, bald als rot- oder braunsporiger beschrieben wurde.

Petch hat auf Ceylon auch eine beringte Form mit einer Andeutung einer fest anliegenden Volva gefunden. Auf Java sah ich diese Form nicht.

Der Genannte betrachtet den Pilz als einen rotsporigen und da er die beringte Form als die best- und höchstentwickelte ansieht, so bezeichnet er die Art als *Volvaria eurhiza* (Berk.) Petch.

Aber abgesehen davon, daß die beringte Form sehr selten ist — Petch fand sie nur einmal —, liegt kein Argument dafür vor, daß die beringten oder die mit einer Volva versehenen Formen die höheren oder besser entwickelten sind. Ich bin im Gegenteil der Ansicht, daß die Gattungen *Amanita*, *Lepiota*, *Armillaria*, *Volvaria* phylogenetisch tiefer stehen als die ring- oder volvalosen Formen. Volva und Ring scheinen mir überflüssige Organe zu sein, die sich nur bei der Minorität der Agaricineen erhalten haben. Dazu kommt noch der Umstand, daß bei manchen Arten beringte und unberingte Formen gleichzeitig vorkommen. So ist *Boletus luteus* die beringte Form von *Boletus granulatus* (s. Ann. myc. 1905, p. 548) und *Stropharia sphintriger* Fries nach Bresadola nur eine beringte Form von *Hypholoma appendiculatum*.

Wenn ein Hutpilz sehr üppig entwickelt ist, neigt er zur Ring- und Volvabildung, auch wenn er, normal entwickelt, keine Spur davon zeigt.

Ich kann mich daher der Ansicht Petch's nicht anschließen, daß der in Rede stehende Pilz als normal mit einer Volva versehen zu betrachten ist.

Derselbe ist aber auch keine rotsporige Agaricinee, sondern gehört trotz der gefärbten Sporen zu den *Leucospori*. Die Verwandtschaft einer Agaricinee darf nicht nach der Sporenfarbe allein, sondern nur im Zusammenhalt mit allen übrigen Merkmalen beurteilt werden. Dies hat schon Fries, der ja ihre Einteilung nach der Sporenfarbe vorgenommen hat, getan und daher z. B. braunsporige *Psathyra*- und *Psilocybe*-Arten aufgestellt. *Pleurotus columbinus* und verwandte Arten haben hellviolette Sporenpulver. *Agaricus subcernuus* Schulz. hat sehr blaßviolett (fast rosa) gefärbte Sporen und ist trotzdem eine *Psathyra* (und kein *Pluteus* [Bresadola] oder *Clitopilus* [Peck]).[1] Es gibt noch eine Reihe von anderen analogen Fällen, welche zeigen, daß die Sporenfarbe für die richtige Klassifikation allein nicht maßgebend ist.[2]

Die rotsporigen Pilze zeigen dünnwandige Sporen mit rötlich gefärbtem, im frischen Zustande grob granuliertem Inhalt und farbloser Membran. Die Farbe des Sporenpulvers ist charakteristisch roströtlich und verschieden von der des Termitenpilzes. Die Gestalt der Sporen der rotsporigen Pilze ist ebenfalls charakteristisch und zeigt dreierlei Typen. Sie sind entweder rundlich-eiförmig (*Pluteus*, *Volvaria*), verschieden polygonal (*Entoloma* etc.) oder kurz spindelförmig und mit Längsfalten (*Clitopilus*). Der Termitenpilz zeigt nun Sporen,

---

[1] *Clitopilus conissans* Peck = *Nolanea subcernua* Schulz. teste Bresadola.

[2] So hat *Naucoria Cucumis* fast roströtliche Sporen und ist daher auch als *Nolanea* beschrieben worden. Verschiedene *Lepiota*-Arten haben schwach gefärbte Sporen. *Annularia laevis* ist eine *Lepiota* mit rötlichem Sporenpulver. *Pleurotus nidulans* hat manchmal mehr gelbliche, manchmal mehr rötliche Sporen und ist daher auch als *Claudopus odorativus* Britzlm. und als *Crepidotus nidulans* beschrieben worden. Die neue, von mir im Wienerwalde gefundene unzweifelhafte *Inocybe pluteoides* v. H. hat schön rosa gefärbte freie Lamellen und fast farblose Sporen, sieht daher einem *Pluteus* täuschend ähnlich.

welche weder ihrem Inhalte noch ihrer Form nach denen der rotsporigen Pilze gleichen, sondern sich denen der weißsporigen Agaricineen anreihen.

Die rotsporigen Agaricineen sind sämtlich mehr weniger hygrophan, niemals ganz trocken und haben niemals wurzelartig verlängerte Stiele. Der Termitenpilz ist aber nicht hygrophan, oft so trocken und zähe, daß er, wie erwähnt, auch als *Lentinus* beschrieben wurde.

Unter den weißsporigen Pilzen wird der Termitenpilz am besten als *Collybia* betrachtet. In der Tat wurde er auch von Berkeley und Broome als *Collybia sparsibarbis* beschrieben.

Gerade bei *Collybia* sind tiefwurzelnde Arten häufig; bei dieser Gattung ist auch, oft bei derselben Art, die Anhaftungsweise der Lamellen eine variable. So gibt Quélet (Flore myc., p. 228) bei *Collybia radicata* Relh. an, daß die Lamellen frei sind, bei Fries sind sie adnexis, ich fand diesen im Wienerwalde häufigen Pilz sogar meist mit ganz angewachsenen, manchmal sogar etwas herablaufenden Lamellen.

Der Termitenpilz ist eine *Collybia*, die mit der *C. radicata* verwandt ist, aber davon doch ganz verschieden, schon durch die dichter stehenden Lamellen und die viel kleineren Sporen, welche höchstens 8 bis 10 = 4 bis 5 μ groß sind, während *C. radicata* bis 20 μ große, eikugelige Sporen hat.

Die Ähnlichkeit des Termitenpilzes mit *C. radicata* hat Patouillard (Bull. Soc. myc. France, XIV, p. 182) dazu verleitet, ihn sogar als *C. radicata* zu bestimmen, denn es ist offenbar, daß sein Pilz, der eine sehr lange Wurzel hatte, die einer nußgroßen badeschwammähnlichen Masse aufsaß (die zweifellos ein Termitenwabenstück war), unser Termitenpilz war.

Der so vielfach beschriebene und verkannte Termitenpilz muß daher *Collybia eurhiza* (Berk.) v. H. genannt werden.

Als synonym können teils sicher, teils mit großer Wahrscheinlichkeit betrachtet werden:

Armillaria eurhiza Berk.
Lentinus cartilagineus Berk.
Collybia sparsibarbis Berk. et Br.
Agaricus (Pluteus) Rajap Holtermann

Flammula Janseana P. H. et E. N.
Pholiota Janseana P. H. et E. N.
Flammula filipendula P. H. et E. N.
Pluteus Treubianus P. H. et E. N.
Pluteus bogoriensis P. H. et E. N.
Pluteus termitum P. H.
Collybia radicata Patouill. non Relh.
Tricholoma subgambosum Cesati.[1]

Nach T. Petch dürften noch einige andere Berkeley'sche Arten hieher gehören.

Auf Java fand ich auch eine andere *Collybia* mit blaß rosa gefärbtem Sporenpulver. Es ist dies der auch auf Ceylon vorkommende, von Berkeley und Broome als *Agaricus (Entoloma) microcarpus* beschriebene Pilz.[2] Derselbe wird in Java sowie in Ceylon von den Eingebornen gegessen. Petch[3] hat denselben näher charakterisiert. Der Pilz ist jedoch kein *Entoloma*, schon weil die Sporen nicht polyedrisch, sondern mandelförmig sind. Nach Petch ist damit identisch *Ag. (Entoloma) intermixtus* Berk. u. Br.

Der Pilz ist habituell den weißen Formen von *Inocybe geophila* sehr ähnlich, wächst aber dichtrasig. Höchst auffallend ist, daß derselbe auf einer Art ausgebreitetem Stroma wächst, das aus lauter rundlichen, weißlichen, sklerotiumähnlichen, kleinen Kügelchen besteht, die durch Hyphen zu einer ziemlich festen, porösen Masse, die bis 1 *cm* dick wird, verwachsen sind. Der Pilz hat einen *Mycena*-artigen Habitus, der Hutrand ist aber anfänglich schmal eingebogen; da ferner die Lamellen fast oder ganz frei sind, kann er nur als *Collybia* aufgefaßt werden.

Der Pilz wächst dichtbüschelig rasig, ist zähe und nicht brüchig; er entwickelt sich gymnocarp aus bis 1 *mm* breiten, weißlichen, sklerotiumähnlichen, zu einer porösen, ziemlich festen, ausgebreiteten, bis etwa 1 *cm* dicken, stromaartigen

[1] Nach T. Petch, Revisions of Ceylon Fungi in Annals roy. bot. Gard. Peradeniya, 1897, Vol. IV, p. 27.

[2] Journal of Linnean Soc., 11, 1870, p. 537, No. 189.

[3] The Fungi of certain Termite nests, p. 250 f.

Masse verbundenen Kugeln. Der Hut ist silberweiß bis bläulichgrau, glänzend, 1 bis 3 *cm* breit, fein radial seidenfaserig, glatt, später rimös einreißend, aus dem kegelig-glockenförmigen ausgebreitet, mit spitzlichem Umbo; Hutrand anfänglich schmal eingebogen; Fleisch weißlichgrau. Die Lamellen sind dichtstehend, mit grobgezähnter Schneide, anfänglich weiß, später sehr blaß rosa, frei oder secedent-adnex, 2 bis 3 *mm* breit. Cystiden fehlen. Sporen unter dem Mikroskop farblos, $6 \simeq 4 \cdot 5\ \mu$; ei-mandelförmig, unten mit stumpflichen Spitzchen, mit einem Öltropfen, dünnwandig. Sporenpulver blaß rosa. Stiel weiß, glatt, glänzend, fein seidig längsfaserig, sehr schwach weißflockig, voll, 2 bis $3^1/_2$ *cm* lang, 1 bis 2 *mm* dick, zähe.

Wie aus dieser Beschreibung im Vergleich mit der von Petch und seiner Figur Taf. XVII, l. c., hervorgeht, sind die javanischen Exemplare etwas schlanker und zarter.

Von Ascomyceten sind als Termitenpilze *Xylaria*-Arten bekannt. Während es bisher noch nicht gelang, die *Collybia eurhiza* aus Termitenwaben zu erziehen, ist es leicht, Xylarien aus Waben zu erhalten. Petch gibt in seiner (ersten) Arbeit über die Termitenpilze (l. c., p. 237) an, daß unter günstigen Umständen zwei *Xylaria*-Arten auf Termitenwaben wachsen. Die zuerst erscheinende ist unzweifelhaft die *X. nigripes* Klotzsch, über die zweite äußert sich Petch nicht weiter.

In einer späteren Arbeit[1] vertritt er jedoch die Meinung, daß es sich nicht um zwei *Xylaria*-Arten handelt, sondern nur um Formen einer Art.

Ich habe mich nun in Buitenzorg sowohl an natürlichen Standorten wie durch Kultur unter Glasglocken davon überzeugt, daß auf Java sicher zwei verschiedene *Xylaria*-Arten auf verlassenen Termitennestern wachsen. Die eine ist die *X. nigripes* Kl., die andere entspricht der Beschreibung nach der *X. furcata* Fries.[2]

Diese beiden Arten sind sehr variabel, in ihren typischen Formen jedoch völlig voneinander verschieden. Beide gehören

[1] Annales Mycologicae, 1907, p. 401. On Sklerotium stipitatum.

[2] Auch Herr Dr. Rehm und J. Bresadola halten diese Bestimmung für richtig.

zu den kleinstsporigen Xylarien; ihre Sporen gleichen sich in Größe und Form fast völlig. Da man auch Formen findet, deren Bestimmung Schwierigkeiten macht und die scheinbare Übergänge zwischen beiden bilden, so erklärt sich Petch's spätere Ansicht. Wollte man jedoch diese beiden Arten zusammenwerfen, so müßte man fast alle *Xylaria*-Arten streichen.

Von beiden Arten findet man auch häufig die Conidienform. Wenn typisch und gut entwickelt, zeigt die *X. nigripes* eine bis zur Spitze fruchtbare, fast genau zylindrische, bis über 10 *cm* lange und bis 5 *mm* dicke Fruchtkeule, die auf einem nur wenig dünneren, aber gut abgesetzten, geraden oder vielfach verkrümmten Stiel sitzt. Manchmal sitzt dieser auf fast zitronenförmigen bis nußgroßen Sklerotien, die von Berkeley und Currey als *Sclerotium stipitatum* beschrieben wurden. Der Pilz ist durchaus nicht kohlig, sondern namentlich, wenn jung, biegsam knorpelig; in der Jugend ist der Stiel weich und etwas durchscheinend, hell, später wird er schwarz und knorpelig. Er zeigt am Querschnitt eine hellere Randzone und einen dunklen Kern. An gut entwickelten Stücken stehen die prismatischen, bis 1·3 *mm* langen und bis 360 μ breiten Perithecien dicht nebeneinander; sie haben eine helle, zirka 12 μ dicke, längsfaserige Wandung. Die Keule ist außen graubräunlich bis dunkelgrau und von den spitzen, vorstehenden Perithecienmündungen rauh und schwarz punktiert. Die Sporen stehen in den schmalen Asci einreihig und sind rauchgraubraun bis schwarz, durchscheinend bis undurchsichtig, länglich-eiförmig, 4 bis 5 = $2^1/_2$ bis 3 μ. Der ganze Pilz ist trocken längsrunzelig.

Rehm's Beschreibung in der Hedwigia, 28. Bd., 1889, p. 299, Taf. VI, Fig. 8, stimmt sehr gut zu den von mir gesammelten Exemplaren. Schlecht entwickelte Stücke zeigen oft eine sterile Spitze oder sind oben keulig verdickt und abgestumpft, manchmal gegabelt, oft sehr klein. Die Perithecien sind in solchen Stücken viel kleiner und eiförmig. Außen sind die Fruchtkeulen solcher Stücke oft mit einer weißen, kleiigen Masse bedeckt.

Die Conidienstromata sind kürzer oder länger fadenförmig, oft bis 15 und mehr Zentimeter lang, meist einfach, selten

schwach verzweigt. Sowohl nach Petch's Angaben wie nach meinen Beobachtungen scheinen sie nie mit den Perithecienstromata unten zusammenzuhängen.

Der wurzelartige Teil des Stieles ist je nach der Tiefenlage des Termitennestes sehr verschieden lang.

Ich habe den Pilz niemals auf Holz gefunden. Doch wird von Rehm (nach Solms-Laubach), Berkeley u. a. angegeben, daß er auch auf Holz vorkommt, was ja sehr wahrscheinlich ist.

Die eigentümliche, knorpelige, in der Jugend weiche Beschaffenheit der *Xylaria nigripes*, sowie der vollständige Mangel einer Verkohlung der Gewebe derselben, zeigen, daß diese Art von den typischen Xylarien ganz abweicht.

Sie nähert sich hierdurch den Gattungen *Penzigia* Sect. *Sarcoxylon*, *Glaziella* Berk. (= *Entonaema* Möller), *Thuemenella*, *Trachyxylaria*.

Diese Gattungen bilden anscheinend eine natürliche Gruppe, die sich zwischen die echten Sphaeriaceen und die Hypocreaceen einschiebt.

Nach Cooke (Grevillea, XI, p. 89) und Petch ist die Synonymie der *Xylaria nigripes* Klotzsch folgende:

Xylaria Gardneri Berk.
X. escharoidea Berk.
X. piperiformis Berk.
X. mutabilis Curr.
X. flagelliformis Curr.
Sclerotium stipitatum Berk. et Curr.

Betreffend die verschiedenen Formen, welche *X. nigripes* zeigt, verweise ich auf die Figurenerklärung der Tafeln I und II.

Die zweite *Xylaria*, welche man am Boden über Termitennestern findet[1] und unter der Glasglocke aus Waben erhält,

---

[1] Mir gelang es in Buitenzorg trotz Hacken und Spaten infolge der großen Tiefe, in welcher dort die Termitennester liegen, und der vielen Wurzeln, die den Boden durchsetzen, niemals, Termitenpilze bis zu den Waben zu

halte ich (mit Rehm in litt.) für *X. furcata* Fries. Dieselbe ist von der *X. nigripes* völlig verschieden, wenn auch untypisch entwickelte Exemplare der beiden Arten oft schwer zu unterscheiden sind. Ein Blick auf die Taf. III, die die verschiedensten einfachen bis vielfach dichotomisch verzweigten Formen dieser Art zeigt, lehrt sofort, daß hier offenbar ein ganz anderer Pilz vorliegt. Das Conidien- sowie das Perithecienstroma sind meist reich dichotomisch verzweigt, jeder Zweig endigt mit einer sterilen, oft gebogenen, pfriemenförmigen, meist scharf abgesetzten weißlichen Spitze. Die Verzweigungsstellen sind meist etwas flachgedrückt. Der reife, gut entwickelte Pilz ist schwärzlich. Doch findet man auch graue, bräunliche, weißliche Stücke.

Die Perithecien stehen oft dicht, oft locker und sind manchmal nur mit der Basis, zur Hälfte oder seltener ganz eingesenkt, sind eirundlich, bei dichter Stellung sich gegenseitig abflachend, etwas 360 bis 400 μ hoch und 350 μ breit. Die Sporen sind meist etwas heller und schmäler als bei *X. nigripes*, etwa 4 = 2 μ. Das Gewebe des Stieles ist dichter als bei *nigripes*, aus sehr derbwandigen, gleichmäßig breiten Hyphen aufgebaut. Im Längsschnitt erscheint der Stiel gleichmäßig grau und nicht längsgestreift wie bei *nigripes*. Der ganze Pilz ist zarter und kleiner. Insbesondere sind die oben oft ganz weißen Conidienstromata meist sehr zart (siehe Taf. III). Seltener sind die Stromata unverzweigt, zeigen aber auch dann stets die helle, sterile, pfriemliche Spitze. In Wabenkulturen unter der Glasglocke erhält man diese *Xylaria* sehr leicht. Stets entwickelt sich in großen Mengen das Conidienstadium, später treten dann die Perithecien auf einzelnen derberen Stromaten auf. Die durch Kultur gewonnenen Exemplare sehen ganz anders aus als die im Freien gefundenen, sie sind viel zarter und länger, manchmal bis 30 *cm* lang und erinnern an *Thamnomyces*. Isoliert gesammelt, würde man sie als eine eigene Art betrachten, um so mehr, als ihre Stiele häufig, aber nicht

---

verfolgen, im Gegensatz zu Holtermann, der nach seiner Angabe (in Schwendener's Festschrift) Hunderte von Termitennestern selbst ausgrub! In höheren Lagen, schon in Peradeniya, besonders aber in Tjibodas, wo sie selten sind, liegen die Termitennester weniger tief.

immer wollig-hyphig sind, während die im Freien gesammelten Stücke stets einen kahlen Stiel haben.

Auf am Boden liegenden Stücken von Termitenwaben fand ich noch einen weiteren Pilz, den ich späterhin fast konstant bei der Kultur unter Glasglocken erhielt, den ich daher auch als Termitenpilz betrachte, da es sicher ein ursprünglich als Schmarotzer auf Holz vorkommender Pilz ist, dessen Hyphen also in den Waben vorhanden sein müssen. Mit der Lupe sieht man kleine, runde Perithecien von fast ziegelroter Farbe, die später schmutzigbräunlich werden, einzeln oder meist in dichten Rasen stehen und ganz den Eindruck einer *Nectria* machen. Allein das Mikroskop zeigt, daß der Peritheciennucleus ganz so wie bei *Hypocrea* gebaut ist und sich der Pilz von *Hypocrea* nur dadurch unterscheidet, daß die Perithecien frei sind und ein Stroma völlig fehlt.

Der Pilz gehört in die Gattung *Neoskofitzia* Schulzer (Österr. bot. Zeitschr., 1880, p. 250).

Neoskofitzia termitum n. sp.

Perithecien frei, ohne Stroma, oberflächlich, einzeln stehend oder mehr minder dicht rasig gehäuft, anfangs fast ziegelrot, später schmutzigbräunlich, kugelig, mit kleiner Mündungspapille, 300 bis 400 μ breit. Perithecienmembran aus rundlich-polygonalen, dünnwandigen, bis 40 μ breiten Zellen bestehend. Paraphysen undeutlich oder fehlend. Asci zahlreich, meist zylindrisch, zart, 44 = 4 μ. Sporen zu 16, meist paarweise zusammenhängend, eirundlich, gelblich-olivengrün, meist einreihig, doch auch zwei- bis dreireihig liegend, 3 bis $3^1/_2$ μ breit.

Häufig auf Termitenwaben, Buitenzorg und Tjibodas auf Java. Es ist mir wahrscheinlich, daß der Pilz auch auf Ceylon vorkommt, er hebt sich jedoch, besonders wenn er älter ist, kaum von den Waben ab und dürfte daher bisher übersehen worden sein.

Vermutlich ist die Gattung *Neoskofitzia* keine autonome. Möglicherweise besteht sie aus *Hypocrea*-Arten, die unter besonderen Verhältnissen kein Stroma entwickeln und daher

freie Perithecien bilden. Auffallend ist jedenfalls, daß Schulzer auf demselben Zweigstück, auf welchem er seine *Neoskofitzia verruculosa* fand, in nächster Nähe die *Trichoderma lignorum* beobachtete, die ja bekanntlich zu *Hypocrea*-Arten als Conidienpilz gehört. Auch an Termitenwaben tritt diese *Trichoderma* neben der *Neoskofitzia* häufig auf.

Zu welchen *Hypocrea*-Arten die beiden von Schulzer aufgestellten *Neoskofitzia*-Arten (*N. verruculosa* und *pallida*) gehören könnten, läßt sich nicht angeben, da Angaben über die Sporenfarbe fehlen. Nur in der Gattungsdiagnose heißt es »Sporae hyalinae, demum fuscescentes«. Möglicherweise ist *N. verruculosa* nichts anderes als *Hypocrea gelatinosa* (Tode), bei welcher Art die Stromata oft schwach entwickelt sind und nur ein bis zwei Perithecien enthalten. Diese Art hat auch nach Brefeld (Unters. aus dem Gesamtgeb. der Myc., Heft X, p. 190) ganz dieselbe *Trichoderma*-Form als Conidienpilz wie *Hypocrea rufa*.

170. Über Phaeolimacium P. Henn.

In Buitenzorg fand ich an morschen Stämmen eine hübsche Agaricinee, die mir durch den dickschleimigen Hut, die etwas durchscheinende Beschaffenheit, die dicken, etwas gelatinösen Lamellen und den fast volvaartig gerandeten Bulbus auffielen. Meine Vermutung, daß es sich hier trotz des Mangels eines Ringes um einen der *Armillaria mucida* verwandten Pilz handle, wurde durch die mikroskopische Untersuchung der Sporen bestätigt, welche in Form und Größe fast völlig mit denen der genannten Art übereinstimmten.

Später fand ich in Buitenzorg noch ältere und größere Exemplare und auch junge Entwicklungszustände des Pilzes und in Tjibodas sehr kleine und ganz große Formen offenbar derselben Art. Ich überzeugte mich, daß der Pilz sehr variabel ist und die Beschreibung desselben nach wenigen Stücken fehlerhaft gewesen wäre.

Die ganz jungen Exemplare zeigten mir, daß der Pilz ein Velum universale besitzt, welches derbhäutig und außen matt filzig ist und, von dem anfangs knolligen Stiel entspringend,

den ganzen Pilz überzieht. Die Schleimmasse des eben ausgereiften Hutes entsteht durch Verquellung der äußeren Schichte des Hutes, die unter dem Velum universale liegt. Dieses löst sich an der knolligen Stielbasis ab, wodurch der Bulbus bald mehr, bald minder deutlich gerandet (marginat) erscheint, ja manchmal bleibt am Knollen eine niedrige Volva zurück. Während der Vergrößerung des Hutes zerreißt der denselben bedeckende Teil des Velum universale in eine Anzahl von Schollen, welche der Schleimmasse des Hutes aufgebettet sind und sehr bald mit dem Schleim abgewaschen werden, seltener mit demselben vertrocknen, wo dann der Hut eingewachsen schuppig-fleckig erscheint. Junge Stadien zeigen, daß der Hutrand ursprünglich schwach eingerollt ist. An ausgewachsenen, namentlich älteren Exemplaren sieht man vom Velum universale meist nichts mehr und ist auch die Berandung des Stielknollens verschwunden.

Die nachstehende Beschreibung stützt sich auf ziemlich viele Exemplare und dürfte daher im wesentlichen richtig sein.

Hut aus dem fast Halbkugeligen ausgebreitet, schließlich flach konvex, mit einer dicken Schichte hyalinen Schleimes bedeckt. Velum universale in Form von häutigen, bald verschwindenden Schollen der Schleimschichte aufgelagert, am trockenen Hute oft in Form von eingewachsenen Flecken erscheinend. Hut 1 bis 10 *cm* breit, wenn klein, fast häutig, wenn groß, dünnfleischig, Fleisch 1 bis 5 *mm* dick, weißlich bis blaßrosa. Hut aus dem Weißen oder Graulichen, rosa bis rötlichviolett, etwas gelatinös-durchscheinend, in der Mitte oft auch ins Rauchbräunliche spielend. Hut gegen den Rand häutig, durchscheinend gestreift, trocken oft gefurcht gestreift. Hutrand dünn, manchmal mit flockiger Randloma versehen. Lamellen sehr locker stehend, zwei- bis vierreihig, dick, etwas gelatinös-durchscheinend, mit verdickter, meist schleimiger Schneide, aus dem Farblosen crêmefarben bis rötlich, schließlich blaß gelbbräunlich, schmäler oder breiter abgerundet angewachsen, manchmal mit Zahn herablaufend, 4 bis 5 *mm* breit, beidendig verschmälert, von zahlreichen, an Schneide und Fläche stehenden dünnwandigen, unten keulig-bauchigen, oben fadenförmig verschmälerten, etwa 135 = 30 μ großen

Cystiden samtig. Stiel meist gebogen, zylindrisch, voll, innen weißlich, parallel seidig-faserig, etwas knorpelig-zähe, aus dem Weißlichen gelblich bis rosa-fleischfarben, unten später manchmal bräunlich, an der Basis trunkat, mit wurzelartiger, in das Substrat eindringender Verlängerung, meist mehr minder deutlich zwiebelig-knollig; Knollen anfänglich mehr minder deutlich gerandet, manchmal mit schmaler, volvaartiger Berandung, öfter scheibenartig flach. Stiel meist kahl, faserig gestreift, oben oft gerillt oder seltener von den etwas herablaufenden Lamellen gerippt, unten oft kleiig-faserig-schuppig, selten unten mit undeutlichem, schmalem Ringe, je nach der Größe des Pilzes 1·5 bis 6 *mm* dick und 1 bis 5 *cm* lang.

Basidien groß, bis 60 = 24 μ, mit vier spitzen, gegeneinander gekrümmt-kegeligen, 8 bis 9 = 3 bis 4 μ großen Sterigmen; Sporen kugelig, derbwandig, mit warzenförmigem Ansatzspitzchen, mit farbloser Wandung und frisch mit grünlichgrauem, gleichmäßig grob granuliertem Inhalte, 18 bis 24 μ, im Alter mit einigen Öltröpfchen. Sporenpulver frisch rein weiß, nach Trocknung und längerer Aufbewahrung blaß bräunlich.

Nachdem der Pilz weißsporig ist und ein häutiges Velum universale besitzt, könnte er nur als *Amanita* betrachtet werden. Derselbe weicht jedoch in allen übrigen Merkmalen so sehr von *Amanita* ab, daß nicht daran gedacht werden kann, ihn in diese Gattung einzureihen. Seine nahe Verwandtschaft mit *Armillaria mucida* ist unzweifelhaft, um so mehr, als bei einem in Tjiburrum bei Tjibodas gesammelten Exemplar im unteren Teile des Stieles ein ganz deutlicher schmaler Ring vorhanden war. Allein bei *Armillaria mucida* ist das Vorhandensein eines Velum universale nicht bekannt. Da nun dieses auch bei unserem Pilze nur an ganz jungen Exemplaren vor der Stielstreckung nachgewiesen werden kann, *Armillaria mucida* entwicklungsgeschichtlich aber noch ganz unbekannt ist, so ist es ganz gut möglich, daß auch hier ein Velum universale vorhanden ist.

Jedenfalls gehört der beschriebene Pilz in eine neue Gattung. Wenn man nun, von der Voraussetzung ausgehend, daß die vorhandenen Beschreibungen richtig sind, versucht,

denselben zu »bestimmen«, so gewinnt man sehr bald die Überzeugung, daß es sicher eine neue Art ist.

Nichtsdestoweniger ist es mir nicht zweifelhaft, daß unser Pilz schon fünfmal beschrieben wurde.

Die Beschreibungen der fleischigen, schwer oder eigentlich nicht gut konservierbaren Agaricineen und ähnlich beschaffener anderer Pilze der Tropen sind bis auf einen kleinen Bruchteil sämtlich ganz falsch und es ist unmöglich, nach den vorhandenen Diagnosen derselben einen Pilz zu bestimmen. Die Gründe hierfür liegen hauptsächlich in dem Umstande, daß die Beschreibungen nicht nach den frischen Exemplaren an Ort und Stelle vorgenommen wurden, sondern nach trockenen oder Spiritusexemplaren. Viele Beschreibungen beruhen auf einem einzigen Exemplar, andere auf zu alten oder zu jungen oder auf Bildern etc. Petch hat in seinem wichtigen Aufsatze: »Revisions of Ceylon Fungi« (Ann. of the R. Bot. Gard. Peradeniya, Vol. IV, p. 21) in ebenso drastischer als überzeugender Weise gezeigt, daß die vielen von Berkeley und Broome zumeist nach Abbildungen und getrockneten Exemplaren entworfenen Beschreibungen meist total falsch und praktisch einfach wertlos sind. Gewöhnlich ist derselbe Pilz mehrfach beschrieben, oft beruht die Diagnose auf unreifen oder anormalen Exemplaren usf.

Da fast sämtliche bisher aus Ceylon beschriebenen Pilze aus Peradeniya und Hakgalla stammen, ferner in Peradeniya die Originalzeichnungen und viele Originalexemplare derselben sich vorfinden und es sich meist um gewöhnliche, leicht wieder aufzufindende Arten handelt, wird es Petch an Ort und Stelle möglich sein, wenigstens einen Teil der »Fungi of Ceylon« Berkeley's aufzuklären. Diese Arbeit ist aber hauptsächlich deshalb schwierig, weil die meisten Arten in falschen Gattungen stehen, da den Beschreibern die Sporenfarbe meist unbekannt war. Viele weißsporige Arten sind als gefärbtsporige beschrieben, *Lepiota*-Arten als *Psalliota* usw., worauf schon Berkeley selbst hingewiesen hat.[1] Es fragt sich, ob es wissenschaftlich gerechtfertigt und rationell ist, den großen

[1] Journal of Linnean Society, 1871, Vol. XI, p. 495.

Ballast der zahlreichen, augenscheinlich falsch eingereihten und beschriebenen Pilzarten noch weiter zu beachten und es nicht besser wäre, dieselben zu ignorieren, wie dies ja schon z. B. mit vielen Arten von Schulzer, Britzlmayr u. a. geschehen ist.

Was nun die fünf Arten anbelangt, mit denen ich den beschriebenen Pilz identifiziere, so sind dies folgende:

1. *Ag. (Collybia) apalosarcus* Berk. u. Br., Fungi of Ceylon, No. 101.

2. *Ag. (Collybia) Magisterium* Berk. u. Br.,[1] Fungi of Ceylon, No. 102.

3. *Ag. (Collybia) euphyllus* Berk. u. Br., Fungi of Ceylon, No. 103 (1871).

4. *Phaeolimacium bulbosum* P. Henn., Monsunia I.

5. *Pluteus macrosporus* P. Henn., Monsunia I. (1899).

Betreffend die drei erstgenannten Arten bemerken schon Berkeley und Broome, daß sie nahe miteinander verwandt sind. Die dritte Art wird sogar nur als eine kleine Form der zweiten bezeichnet.

Petch[2] hat nun auf Grund der Originalabbildungen und -exemplare dieser drei Arten konstatiert, daß dieselben nur eine einzige Species darstellen, welche derselbe mehrfach in Peradeniya frisch gefunden hat. Von dieser Art sagt er, daß sie von allen ihm bekannten Arten durch den klebrigen, durchscheinenden Hut, den vollen faserigen Stiel und die großen kugeligen Sporen, hauptsächlich aber durch eine besondere Eigentümlichkeit der Lamellen verschieden sei. Diese beschreibt er nicht näher, aber aus seinen weiteren Bemerkungen geht deutlich hervor, daß es sich um eine Spaltung der Schneide

[1] Das weiße Sporenpulver des Pilzes fällt reichlich nieder und erscheint infolge der Größe der Sporen flockig und unter der Lupe aus weißen glänzenden Körnern zusammengesetzt, gleich den Magisterien, reinen, fein krystallinischen, chemisch-medizinischen Präparaten, wie sie früher nur die Magister der Alchymisten darzustellen vermochten. Daher der von Berkeley und Broome gewählte ungewöhnliche Speziesname der Art.

[2] Annals of the R. Bot. Gard. Peradeniya, 1907, IV, p. 33 f.

der Lamellen handelt. Es handelt sich jedoch nach ihm nicht um eine so regelmäßige Spaltung der Lamellen wie bei *Schizophyllum*, sondern um eine variable Eigenschaft.

Petch hält es daher für wahrscheinlich, daß sein Pilz der Gattung *Oudemansiella* angehört oder ihr doch nahe steht. Ich habe nun an meinen vielen Exemplaren aus Java zwar an der Schneide verdickte Lamellen gefunden, nie aber daselbst gespaltene. Man könnte daraus den Schluß ziehen, daß der javanische Pilz ein ganz anderer ist.

Indessen hat J. Rick (Broteria, Revista de sciencias naturaes, Vol. VI [1907], II. Parte, Serie botanica, p. 76 [14]) angegeben, daß *Oudemansiella* keine natürliche Gattung ist, sondern eine *Mycena*, die durch einen parasitierenden Phycomyceten *(Hyphochytrium?)* abnorm verändert ist. Die Spaltung der Lamellenschneiden ist auf die Wirkung des Parasiten zurückzuführen.

Dasselbe ist zweifelsohne auch bei dem Petch'schen Pilze aus Peradeniya der Fall. Wenn Petch bei allen gesammelten Exemplaren eine Lamellenspaltung sah, so erklärt sich dies daraus, daß, wie er selbst angibt, alle von demselben Baumstumpfe, zu verschiedenen Zeiten gesammelt, herrührten und daher auch alle infiziert waren. Es kann als sicher gelten, daß an anderen Standorten auch nicht infizierte Exemplare mit ungespaltenen Lamellen aufzufinden sein werden. Nun erklärt es sich auch, warum Petch die Spaltung der Lamellen als »a variable feature« erklärt, da offenbar nicht infizierte Lamellen ganze Schneiden haben müssen. Ich bin daher der Überzeugung, daß die von mir in Java gefundenen Exemplare einfach derselben Art angehören, die Petch in Peradeniya fand, jedoch im nicht infizierten Zustande.

Die merkwürdigen großen Sporen, die schleimige Oberfläche des Hutes und seine durchscheinende Beschaffenheit, der volle, faserige Stiel und der gleiche Standort sowie weitere Angaben Berkeley's und Broome's über die drei oben angeführten *Collybia*-Arten weisen mit Sicherheit darauf hin, daß der javanische Pilz mit dem ceylonischen identisch ist.

Diese Meinung wird nun in überraschender Weise dadurch erhärtet, daß die sehr ausführliche Beschreibung Spegazzini's

von seiner *Oudemansiella platensis*,[1] von der Lamellenspaltung und einigen unwesentlichen Einzelheiten sowie von meinen Angaben über das Velum universale, das Spegazzini an seinen reifen Stücken natürlich nicht sehen konnte, abgesehen so vortrefflich zu der oben gegebenen Beschreibung des Pilzes aus Java stimmt, daß es keinem Zweifel unterworfen sein kann, daß beide mindestens nahe miteinander verwandt, ja möglicherweise nur Varietäten derselben Art sind.

Da nun der javanische Pilz nach obigen Auseinandersetzungen sicher in eine eigene Gattung gehört, so kann diese Gattung nur *Oudemansiella* sein, deren Charakter jedoch vollständig geändert werden muß.

Nachdem ich nun im vorstehenden klarzumachen versucht habe, warum ich trotz mancher Schwierigkeiten zur Überzeugung kam, daß die genannten drei *Collybia*-Arten Berkeley's und Broome's mit meinem Javapilz identisch sind und dieser offenbar in die Gattung *Oudemansiella* Speg. Char. emend. v. H. gehört — er muß nun den Namen *Oudemansiella apalosarca* (Berk. u. Br.) führen —, seien nun noch *Phaeolimacium bulbosum* P. H. und *Pluteus macrosporus* P. Henn. besprochen. Wenn man davon absieht, daß *Phaeolimacium* als braunsporiger Pilz beschrieben ist, stimmt die Beschreibung (Monsunia, I, p. 14 des Separatabdruckes) sehr gut zu dem in Rede stehenden Pilze; namentlich gilt dies von den mikroskopischen Merkmalen. Die Diagnose ist nach konservierten Exemplaren entworfen worden, die nach längerer Aufbewahrung bräunliche Sporen zeigen.

Pluteus macrosporus (Monsunia, I, p. 57 des Separatabdruckes) bezieht sich auf die kleinen Exemplare mit fast häutigem Hute, wie ich sie, ebenso wie M. Fleischer, dessen Funde P. Hennings beschrieben hat, auch bei Tjibodas gefunden habe. Die mikroskopischen Angaben stimmen ganz zu denen des *Phaeolimacium*.

Da Herr P. Hennings die Güte hatte, mir die in Spiritus konservierten Originalexemplare von *Phaeolimacium* und *Pluteus macrosporus* zu senden, kam ich in die Lage, die aus den

[1] Siehe Saccardo, Syll. Fung., V, p. 653.

Diagnosen gezogenen Schlüsse zu kontrollieren. Die beiden gesandten Exemplare sehen zwar äußerlich und anscheinend auch mikroskopisch voneinander sehr verschieden aus, allein das genauere Studium erwies zur Evidenz, daß alle zum Teil sehr auffallenden Unterschiede nur darauf zurückzuführen sind, daß das *Phaeolimacium*-Exemplar noch jung war, mit noch nicht ausgebreitetem Hute und daher noch dichtstehenden Lamellen und Basidien, mit noch inhaltsreichen Hyphen, noch nicht ausgewachsenen Cystiden, noch vorhandenem reichlichen Hutschleim, der zum Teil auf die Lamellen übergegangen war und diese verklebte, sich fädig ausziehen ließ (daher das »Velum viscidum araneosum« bei Hennings l. c.!) und, weil noch jungem, inhaltsreichem Gewebe, mit fester, zäher Beschaffenheit (die durch die Wirkung des Alkohols noch verstärkt ist) usw., während das Exemplar von *Pluteus macrosporus* ganz überreif ist, wie schon der hinaufgebogene Hut zeigt, das Verschwundensein des Hutschleimes, die wässerige, inhaltsleere, weiche Beschaffenheit der Gewebe usw.

Diese beiden Pilze stellen daher verschiedene Entwicklungszustände desselben Pilzes dar. Sporen, Basidien, Sterigmen usw. stimmen völlig überein.

Ferner zeigte sich, daß sie auch mit dem von mir gefundenen identisch sind, daß also meine obigen Angaben richtig sind. Ebenso wandte ich mich zur Kontrolle meiner Schlüsse an Prof. Johann Rick in São Leopoldo in Brasilien um Material von *Oudemansiella platensis* Speg. Derselbe hatte die Güte, mir ein Spiritusexemplar sowie mehrere getrocknete Stücke zu senden. Ganz junge Zustände, an welchen das Velum universale zu sehen gewesen wäre, waren zurzeit nicht zu haben, da die trockene Jahreszeit angebrochen war. An diesem Material konnte ich mich davon überzeugen, daß in der Tat *Oudemansiella platensis* und der Pilz aus Java und Ceylon ganz nahe miteinander verwandt sind, ja beide wahrscheinlich nur Varietäten derselben Art sind. Die südamerikanische Art scheint sich nur durch einen mehr braun gefärbten Hut und geringere Klebrigkeit desselben von der meinigen zu unterscheiden. Doch fand Rick auch schneeweiße Exemplare. Auch teilte er mit, daß der Hutrand in der Jugend etwas eingerollt ist, der Pilz

also mit *Mycena* nichts zu tun habe, wie er ursprünglich glaubte. Auch den wurzelartigen Fortsatz, den die javanischen Exemplare manchmal deutlich zeigen, konnte er neuerdings finden. Eine eigentliche tiefe Spaltung der Einzellamellen konnte er an reifen Fruchtkörpern nie beobachten.

Oudemansiella platensis und *Collybia apalosarca* Berk. sind daher sehr nahe miteinander verwandt und gehören in dieselbe Gattung, vielleicht sogar als Varietäten zur selben Art.

Die Gattung *Oudemansiella* im Sinne Spegazzini's existiert nicht, da die Lamellen normal nicht gespalten sind. Der Gattungscharakter muß daher völlig geändert und das Schwergewicht auf das häutige Velum universale gelegt werden.

Es wird meine weitere Aufgabe sein, das Vorhandensein des Velum universale bei *Oudemansiella platensis* durch Untersuchung junger, mir von Herrn Rick zugesagter Entwicklungszustände festzustellen sowie durch Studium der Entwicklung von *Armillaria mucida* die gewiß vorhandenen Beziehungen dieses Pilzes zur Gattung *Oudemansiella* char. em. zu präzisieren. (Siehe diese Fragmente Nr. 182 [1909]).

Ich gebe nun die Diagnose der geänderten Gattung *Oudemansiella*.

Oudemansiella Speg. char. emend. v. H.

Velum universale derbhäutig, bald verschwindend. Hut weich, fast gelatinös-fleischig, gewölbt, stark klebrig, Hutrand anfänglich eingebogen. Lamellen dicklich, weich; Stiel zähe, faserig, unten meist verdickt, oft mit Andeutung einer Volva. Sporen groß, kugelig, hyalin.

Verwandt mit *Collybia* und *Armillaria*.

1. *O. platensis* Speg. F. arg. Pug. IV, p. 11.
2. *O. apalosarca* (Berk. u. Br.) v. H. (F. of Ceylon, No. 101).

Syn.: *Collybia apalosarca* (Berk. u. Br.), l. c.
Collybia Magisterium (Berk. u. Br.), l. c.
Collybia euphylla (Berk. u. Br.), l. c.
Phaeolimacium bulbosum P. Henn., l. c.
Pluteus macrosporus P. Henn., l. c.

171. Über Phlebophora Lév.

Der Typus der Léveillé'schen Gattung *Phlebophora* ist die *Phl. campanulata* Lév.[1] Nach Quélet und Boudier ist diese Form ein Lusus von *Tricholoma resplendens* Fries mit verkümmerten Lamellen, der durch die Infektion durch einen Schmarotzerpilz *(Hypomyces)* hervorgerufen werden soll.[2]

Später stellte Léveillé die *Phl. rugulosa* aus Java auf, die 1848 von Zollinger (No. 1522 der Plantae javanicae), angeblich am Boden wachsend, am Prabaktiberge in der Seehöhe von 2500 Fuß aufgefunden wurde.[3]

Diese Art ist in Saccardo, Sylloge fungorum, VI, p. 685, als *Cyphella* aufgeführt und später im 16. Bande, p. 215, als *Phlebophora* bei den Tremellineen eingereiht worden.

N. Patouillard[4] untersuchte 1894 das Originalexemplar der *Phl. rugulosa* und fand, daß es sich um eine Art der Gattung *Craterellus* handelt. Er bezeichnet den Pilz dementsprechend als *Cratarellus rugulosus* (Lév.). Er betrachtet ihn als autonome Art.

Hierauf beschrieb 1898 Holtermann (Mycolog. Unters. aus den Tropen, p. 104, Taf. XI, Fig. 2) die neue Gattung *Van Romburghia* mit der Art *Van R. silvestris* H. aus dem Urwalde von Tjibodas auf Java.

Diese Gattung ist nach Beschreibung und Bild offenbar mit *Phlebophora* identisch. Kurz vorher beschrieb P. Hennings (in Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam., I. Teil, Abt. 1**, p. 128) die *Phl. Solmsiana*, welche er 1899 (Monsunia, I, p. 6) mit der *Van R. silvestris* Holt. für identisch erklärt.

---

[1] Annales des sciences nat., 1841, XVI, p. 238, Taf. 14, Fig. 5.

[2] Quélet, Flore mycologique de la France, 1888, p. 287.

[3] Zollinger, Syst. Verzeichnis der im Indischen Archipel 1842—1852 gesammelten Pflanzen, Heft 1, Zürich 1854, p. 12 und 17. (Es gibt noch ein zweites Verzeichnis der Zollinger'schen, 1842—1844 gesammelten Pflanzen, herausgegeben von A. Moritzi, Solothurn 1845—1846, in welchem der in Rede stehende Pilz nicht enthalten ist.)

[4] N. Patouillard, Le Genre »Phlebophora« Lév. in Bullet. Soc. mycol. France, 1894, X, p. 55.

Bresadola führt nun in Annales mycologici, 1907, p. 238, die *Phl. Solmsiana* P. H. aus Java auf, gibt die Sporengröße mit 7 bis 8 = $4^1/_2$ μ an und bemerkt, daß er an einem Exemplar ein Fragment einer scharfschneidigen Lamelle gefunden hat, weshalb der Pilz nicht zu den Tremellineen gehören könne, sondern zu *Marasmius* oder *Heliomyces* gehören werde. Ferner sagt er, daß *Phl. rugulosa* Lév. sich von der Henning'schen Art nur durch den Mangel der Hutpapille unterscheide und bezweifelt, daß dieser Unterschied zur Trennung der beiden Arten genüge.

Vergleicht man die Beschreibungen von Léveillé, Patouillard, Holtermann und Hennings miteinander, so fällt besonders auf, daß Léveillé den Pilz als lederig-tremellös, Patouillard ihn als lederig-häutig und Hennings seine Art als gallertartig, dünn, fleischig beschreibt. Dies zeigt, daß es unmöglich ist, aus konservierten Exemplaren einen sicheren Schluß auf die wirkliche Beschaffenheit zu ziehen.

Es kann als sicher angenommen werden, daß *Phl. rugulosa* und *Phl. Solmsiana* derselbe Pilz sind. Wie Bresadola hervorhebt, scheint der Unterschied nur im Vorhandensein oder Mangel der zentralen Hutpapille zu bestehen. Holtermann erwähnt indessen diese Papille nicht. Wenn der Hut stark trichterförmig aufwärts gebogen ist, was häufig der Fall ist, kann die Papille leicht übersehen werden. Ich fand jedoch auch Exemplare ohne Spur einer Papille mitten unter anderen mit deutlicher Papille. Wenn der Hut in der Mitte aufreißt, wird die Papille undeutlich und öffnet sich die Stielhöhlung oben, dann entstehen Formen, die den Bildern von Patouillard ähnlich sind. In der Regel tritt dies jedoch nicht ein und zeigt der Hut oben die meist gut entwickelte Papille.

Auf die Angabe Zollinger's, daß die *Phl. rugulosa* auf Erde wächst, ist kein Gewicht zu legen, da der Pilz häufig auf Aststücken vorkommt, die mehr minder im Boden eingesenkt sind.

Ich glaube daher wie Bresadola, daß *Phl. rugulosa* und *Solmsiana* derselbe Pilz sind.

Ich habe den Pilz bei Tjibodas auf faulenden, am Boden liegenden Stamm- und Zweigstücken oft gefunden und frisch

untersucht. Derselbe ist weder lederartig noch gallertig, sondern fleischig-häutig wie die meisten kleineren Agaricineen, z. B. *Mycena*.

Meist kommt der Pilz in Herden von wenigen bis vielen Exemplaren am selben Stamme vor und da findet man manchmal, zwischen typischen *Phlebophora*-Exemplaren, auch solche, welche diesen vollkommen gleichen, so daß an ihrer spezifischen Identität nicht gezweifelt werden kann, die sich aber durch das Vorhandensein von typischen *Mycena*-Lamellen unterscheiden.

Es ist daher die *Phlebophora* nur eine anormale, lamellenlose Form einer *Mycena*. Die Unterschiede, welche sich zwischen beiden Formen finden, lassen sich alle auf das Fehlen der Lamellen oder das Vorhandensein derselben zurückführen. Bei der *Phlebophora*-Form ist der Hut meist größer, dünnhäutiger, flach ausgebreitet, flatterig verbogen, häufig sogar trichterförmig, während die *Mycena*-Form einen kegelig-glockenförmigen, etwas festeren Hut hat. Die *Phlebophora*-Form ist meist etwas größer, dabei zarter und dünnhäutiger, der Stiel ist dünnwandiger. Nicht selten sind Übergangsformen, indem unvollkommene Lamellen ausgebildet werden. Das die Unterseite des Hutes bedeckende Hymenium der *Phlebophora*-Form bleibt häufig steril und ist stets viel kümmerlicher entwickelt als bei der vollkommenen *Mycena*-Form; die Basidien bleiben kleiner, die Cystiden sind viel spärlicher, dünner und kürzer. Die *Phlebophora*-Form macht überhaupt den Eindruck einer etiolierten Kümmerform. Es läßt sich aber irgendein Parasit oder eine sonstige Ursache für das Entstehen der *Phlebophora*-Form, die vier- bis fünfmal häufiger als die normale *Mycena*-Form ist, nicht nachweisen. Wahrscheinlich sind Störungen in den Ernährungsverhältnissen die Ursache. Der Pilz macht den Eindruck einer Kümmerform, da gewisse Teile, die Lamellen, ganz fehlen und Stiel und Hut zarter gebaut sind.

Betrachtet man die *Phl. rugulosa* und *Phl. Solmsiana* als identisch, so muß der Pilz, da er, vollkommen entwickelt, eine *Mycena* ist, *M. rugulosa* (Lév.) genannt werden, deren Beschreibung nun folgt.

Mycena rugulosa (Lév.).

Syn.: *Phlebophora rugulosa* Lév.
Phlebophora Solmsiana P. H.
Van Romburghia silvestris Holterm.

Hut häutig, kegelig-glockenförmig, 1 bis 2 *cm* breit, kahl, schwach glänzend, gelbbraun bis rot- oder graubraun, einfärbig, meist mit zentraler, spitzlicher, kleiner, gut abgesetzter, fleischiger Papille, von welcher aus zahlreiche schmale einfache Streifen und vorspringende Leisten, nach außen schmäler werdend, bis zum Rande radial verlaufen. Lamellen weiß, 1 bis 3 *mm* breit, angewachsen oder adnex, ziemlich locker stehend, manchmal fast frei, oft völlig verkümmert (*Phlebophora*-Form, und dann der Hut flatterig ausgebreitet und nach oben verbogen), von zahlreichen, an Schneide und Fläche stehenden, meist zylindrischen, abgerundet-stumpfen, verschieden, 40 bis 75 = 15 bis 20 μ großen, dünnwandigen (klebrigen?) Cystiden samtig. Basidien viersporig, Sporen hyalin, länglich-zylindrisch, unten mit seitlichen Ansatzspitzchen, 6 bis 8 = $3^1/_2$ bis 4 μ. Stiel hohl, dünnwandig, der ganzen Länge nach weiß und feinkörnig-pruinat, fast samtig, unten etwas dicker, aus dem Substrat hervorbrechend, nicht brüchig, 1 bis 6 *cm* lang, 1 bis $2^1/_2$ *mm* dick.

Die Art kann bei den *Adonidcae* oder *Rigidipedes* eingereiht werden. Die in den vorliegenden Beschreibungen der *Phlebophora*-Form enthaltenen Angaben sind, soweit sie der gegebenen Beschreibung widersprechen, als unrichtig zu betrachten.

172. Aeruginospora singularis n. g. et sp.

In Buitenzorg fand ich besonders in Bambusgebüschen am Boden sehr vereinzelt und zerstreut wachsend, eine Agaricinee, die mir durch ihre weißlichen, blaß spangrün bestäubten Lamellen auffiel. Die mikroskopische Untersuchung zeigte, daß es sich um eine Form mit hellspangrünen, fast himmelblauen Sporen handelt, mit dicken, zerbrechlichen, herablaufenden Lamellen und ziemlich trockenem und zähem Fleische, die der Form nach an *Clitocybe* oder noch mehr an *Camarophyllus*

und *Cantharellus* erinnerte. Infolge der blaugrünen Sporen gehört der Pilz zu den *Chlorosporae*. Diese Abteilung der Agaricaceen umfaßt bisher nach Massee[1] die beiden Gattungen *Chlorospora* und *Chlorophyllum* mit rein grünen oder blaugrünen Sporen.

Chlorospora ist eine *Schulzeria* mit grünen Sporen.

Chlorophyllum ist eine *Lepiota* oder *Psalliota* mit grünen Sporen.

An diese beiden Gattungen reiht sich nun *Aeruginospora* an, die als *Clitocybe, Camarophyllus* oder *Cantharellus* mit blaugrünen Sporen betrachtet werden kann.

Aeruginospora n. g.

Velum universale und partiale fehlend. Stiel oben erweitert, allmählich in den Hut übergehend. Lamellen angewachsen-herablaufend, wachsartig, dick, mit stumpflicher Schneide, ohne Cystiden, mit homomorpher,[2] aus dünnen, wellig verflochtenen Hyphen bestehender, unverändert in das Hutgewebe übergehender Trama. Hutrand eingebogen bis eingerollt. Basidien schmal; Sporen grün oder blaugrün. Gewebe zähfleischig, trocken.

Aeruginospora singularis n. sp.

Hut kahl, aus dem Crêmefarbigen blaß graubräunlich, in der Mitte oft rotbräunlich, gegen den Rand oft schwach vertieft gezont, schwach radiär runzelig, flach umbonat oder wenig vertieft, 2 bis 5 *cm* breit, matt, rauh, in der Mitte, soweit das Stielgewebe reicht, dickfleischig, dann plötzlich dünnfleischig und gegen den Rand dickhäutig werdend. Rand kahl, eingebogen bis (trocken) eingerollt.

Fleisch weiß, ziemlich zähe, trocken, geruchlos, unveränderlich. Stiel zylindrisch, voll, nach oben konisch erweitert, unten nicht verdickt, kahl, weißlich-crêmefarben, 2 bis 5 *cm* lang

[1] G. Massee, European Fungus Flora, Agaricaceae. London 1902, p. 1 und 118. Die Chlorosporeengattungen fehlen in Sacc., Sylloge Fung.

[2] H. Heese, Die Anatomie der Lamelle der Agaricineen, Berlin 1884, und Verhandl. des bot. Vereines Brandenburg, 25. Bd., p. 89 ff.

und 4 bis 7 *mm* dick. Lamellen 2- bis 3reihig, mehr minder locker stehend, beidendig verschmälert, 3 bis 10 *mm* breit, mit stumpflicher Schneide, angewachsen und mehr minder, oft weit herablaufend; fleischig-wachsartig, trocken, zerbrechlich, ohne Cystiden; Trama etwa $^1/_2$ *mm* dick, aus vielen Lagen von 2 bis 5 μ, meist 4 μ dicken, dünnwandigen, wellig verflochtenen Hyphen bestehend, unverändert in die Hutsubstanz übergehend. Lamellen weißlich, von den Sporen blaß spangrün bestäubt. Hymenialschichte bis 100 μ dick. Basidien lang, 5 bis 6 μ breit, mit 4 gerade vorstehenden, 6 bis 8 = 1 bis 2 μ großen Sterigmen. Sporen unter dem Mikroskop hell spangrün, fast himmelblau, eikugelig, nach unten zugespitzt, glatt, frisch mit homogenem, blauem Inhalt, später mit einem großen Öltropfen, 6 bis 8 = 5 bis $5^1/_2$ μ groß.

Am Boden vereinzelt, besonders unter Bambusgebüsch, Buitenzorg.

Der Pilz enthält eine kleine Menge eines krystallisierbaren Farbstoffes, der an Spiritusexemplaren in Form von hellblauen Punkten und Flecken erscheint. Die Sporen erscheinen an Spiritusexemplaren farblos.

Scharf getrocknet, behält der Pilz seine ursprünglichen Farben, wird aber, besonders in feuchter Luft, bald schmutzig-gelblichgrau. Er macht dann den Eindruck eines *Lentinus*. Die Zahl der Hauptlamellen beträgt 25 bis 50. Ich habe mich vergeblich bemüht, den Pilz mit einem bereits beschriebenen zu identifizieren; er scheint in den Gattungen *Clitocybe, Cantharellus, Paxillus, Lentinus, Camarophyllus* nicht beschrieben zu sein.

173. Filoboletus mycenoides P. Henn.

Von diesem interessanten Pilz fand ich vier Stücke auf einem faulenden, am Boden liegenden Baumblatt bei Tjibodas.

Obwohl die gefundenen Exemplare ganz wesentlich von der vorliegenden Beschreibung (Monsunia, I, p. 48, Sep.) abweichen, kann es jedoch nicht zweifelhaft sein, daß genau dieselbe Form vorliegt, die M. Fleischer auffand, nur sind meine Exemplare größer und besser entwickelt.

Im folgenden gebe ich die nach den frischen Exemplaren entworfene genaue Beschreibung. Die derselben widersprechenden Angaben l. c. müssen als unrichtig bezeichnet werden.

Pilz aufsitzend, nicht wurzelnd, zart, 2 bis 3 *cm* hoch. Hut calottenförmig, in der Mitte flach oder etwas vertieft, häutig, blaßrosa, oben etwas dunkler und mit kleinen, rötlichen Flöckchen versehen, bis 1 *mm* hoch, 2 bis $3^1/_4$ *mm* breit, rund, oben durchscheinend gefeldert. Hymenium röhrig, am Stiele angewachsen; Röhren fast weiß, relativ dickwandig, in der Mitte 800 bis 900 μ lang und 200 bis 300 μ breit, im Querschnitt rundlich polygonal, sehr wenig radial gestreckt, nach außen wenig kleiner werdend; auf den Hutradius 4 bis 5 Röhren kommend. Röhrenmündungen dicklich, ganz stumpf, Cystiden fehlend. Basidien dichtstehend, zylindrisch, oben abgerundet, 16 ≍ 5 bis 6 μ, mit 4 spitzen, geraden, 2 bis 3 ≍ 1 μ großen Sterigmen. Sporen hyalin, zartwandig, mit meist undeutlich körnigem Inhalt, länglich-zylindrisch, unten mit seitlichem Ansatzspitzchen, 6 bis 8 ≍ 3 bis $3^1/_2$ μ groß. Stiel brüchig, fädig, hohl, sehr blaß rosa, mit kleinen, rötlichen Flocken besetzt, sonst glatt, oben bis 300, unten bis 360 μ dick, an der Basis schwach zwiebelig bis 700 bis 800 μ verdickt, mit schmaler, oft undeutlicher, dünner Basalmembran.

Das Hutgewebe besteht aus zartwandigen, radial verlaufenden, wellig verflochtenen Hyphen, deren äußere Schichten aus breiteren und gefärbten und deren innere aus farblosen, dünnen Hyphen bestehen.

Die Wandung des röhrigen Stieles ist bis 80 μ dick und zweischichtig. Die äußere 25 μ dicke Schichte besteht aus zirka 4 μ dicken, derbwandigen Hyphen, die innere, zirka 55 μ dicke Lage besteht aus sehr zartwandigen, 12 bis 16 μ dicken Hyphen, die sowie die äußeren vollkommen parallel verlaufen.

174. Javanische Hypogaeen.

1. Sphaerocreas javanicum n. sp. (Endogonaceae).

Im botanischen Garten zu Buitenzorg fand ich am Boden, an morschen Holz- oder Zweigstücken anhaftend, einen ganz eigentümlichen Pilz, der aus zahlreichen, kugeligen, harten,

matten, schmutzig gelblich- bis grünlichgrauen, 500 bis 600 μ breiten Gebilden besteht, die zu einer festen, porösen Masse verwachsen sind. Am Scheitel jeder Kugel sitzt eine kleine, 150 bis 200 μ breite und hohe Warze, auf der oft wieder eine Kugel aufsitzt, die daher manchmal reihenweise miteinander verbunden sind.

Ein mikroskopischer, axialer Längsschnitt sieht aus, wie Fig. 1 zeigt.

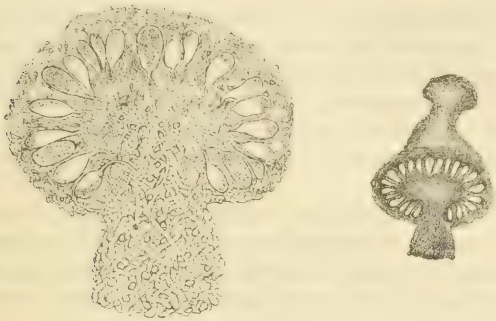


Fig. 1. *Sphaerocreas javanicum* v. H.

Zentrale Längsschnitte. Die Fig. rechts zeigt einen jungen, auf einem ausgewachsenen entstehenden Fruchtkörper. Vergr. 80- und 40fach.

Gezeichnet von Assistenten Josef Weese.

Man sieht, daß der ganze Pilz aus derbwandigen, ganz unregelmäßig verflochtenen Hyphen aufgebaut ist. Im Stielchen (das als Warze einer anderen Kugel aufsitzt) sind die Hyphen etwa 8 μ breit, nach oben werden sie dünner, bis 4 μ. Im Köpfchen schwellen nun einzelne Hyphenenden zu eiförmigen bis länglichen, 60 bis 90 μ langen, 20 bis 50 μ breiten Schläuchen an, die in einer Kugelzone unter der Oberfläche angeordnet sind. Viele dieser Schläuche sind leer, andere mit einer feinkörnigen Protoplasmamasse ausgefüllt. Eine Sporenbildung in den Schläuchen ist nicht zu sehen. Hyphen septiert.

Wie die zweite Figur zeigt, kann auf der reifen Kugel sich eine jüngere entwickeln.

Der Pilz erscheint zunächst durchaus rätselhaft. Wer jedoch das mikroskopische Bild einer *Endogone* kennt, sieht sofort, daß man es mit einem verwandten Pilz zu tun hat. Zu den Endogoneen gehört nur die Gattung *Endogone*.[1] Bei dieser sind die Schläuche ganz unregelmäßig im Hyphengeflecht verteilt, während sie bei unserem Pilze in einer Zone parallel der Oberfläche liegen. Es liegt daher eine zweite Endogonaceengattung vor.

Da sehr viele Pilze schlecht untersucht, daher unrichtig erkannt und eingereiht sind, mußte zuerst die Frage gelöst werden, ob unser Pilz nicht schon irgendwo an unrichtiger Stelle und vielleicht durch eine falsche oder ungenügende Beschreibung unkenntlich gemacht, verborgen im System liegt, was hier besonders schwierig war, da der Pilz ganz gut als Tuberculariee, Nectrioidee, Discomycet usw. beschrieben sein konnte.

Bei den diesbezüglichen Studien stieß ich auf die Tuberculariceengattung *Stigmatella* Berk. u. Curtis, in welcher in Saccardo, Syll. Fung. IV, p. 679, zwei Arten stehen. Die eine Art davon ist, wie Thaxter (Botanical Gazette, XVII, p. 389 f.) gezeigt hat, eine Myxobacteriacee, die *Chondromyces aurantiacus* genannt werden muß.

Die zweite Art (*Stigmatella pubescens* Sacc. et Ell.) ist von Saccardo und Ellis ursprünglich (Michelia, II, p. 582) als *Sphaerocreas pubescens* beschrieben worden auf Grund von Exemplaren, die von Ellis 1881 und 1882 auf morschen Holzfragmenten bei Newfield in Nordamerika in sehr geringer Menge gefunden wurden. Später war Saccardo überzeugt, daß die Gattungen *Sphaerocreas* und *Stigmatella* zusammenfallen. Allein Thaxter (l. c., p. 402), der die Originalexemplare von *Sphaerocreas pubescens* Sacc. et Ell. untersuchen konnte, stellte fest, daß dieser Pilz mit *Stigmatella* nichts zu tun hat und nahe verwandt mit *Endogone* ist.

Es kann nicht zweifelhaft sein, daß mein Pilz aus Java zu *Sphaerocreas* gehört. Er hat offenbar denselben Bau, ist aber

[1] *Monascus* ist wohl nur sehr entfernt mit *Endogone* verwandt (siehe E. Fischer, Tuberaceen und Hemiasceen; in Rab. Krypt. Fl. I, V, p. 118).

von *Sphaerocreas pubescens* schon durch die viel größeren Asci verschieden, die bei letzterer Art nur 25 bis 30 ≈ 20 bis 22 μ groß und auch relativ breiter sind, während sie bei *Sph. javanicum* 60 bis 90 ≈ 20 bis 50 μ messen.

Leider ist von einer Sporenbildung in den Asci, sowie dies auch meist bei der Gattung *Endogone* der Fall ist, nichts zu sehen.

2. **Hydnangium javanicum** P. Henn. (Hedwigia, 1901, p. 27).

Die an demselben Standort (Tjibodas) gefundenen Exemplare stimmen gut zur Originaldiagnose. Die in einer Schichte nebeneinanderstehenden Basidien sind 20 bis 22 ≈ 8 μ groß. Die Sporen ohne Stacheln 12 bis 14 μ, mit Stacheln 16 bis 20 μ breit. Die Exemplare waren etwas größer als die von M. Fleischer gefundenen Originalstücke, nämlich 18 bis 21 *mm* breit und 14 bis 17 *mm* hoch. Frisch hat der Pilz einen schwachen Geruch nach ranzigen Mandeln, ist glatt, die Oberfläche ist eben, weißlich-crêmefarben, später bräunlich werdend. Auch in Alkohol aufbewahrt, behält der Pilz seine glatte Oberfläche, schrumpft nicht und nimmt eine graubraune Färbung (C. C. Nr. 118) an. An der Basis ist derselbe apfelartig eingezogen; hier sitzen die Hyphenstränge an, aus denen er sich entwickelt.

3. **Hymenogaster javanicus** n. sp.

Pilz unterirdisch, festfleischig, außen ockergelb, matt, innen schokoladefarben, fast kugelig, unten etwas flachgedrückt und in der Mitte mit kegelwarzenförmiger, derbfleischiger, zirka $2^1/_2$ *mm* breiter und $1^1/_2$ *mm* hoher Mycelansatzstelle, 9 *mm* breit, $7^1/_2$ *mm* hoch. Geruch schwach ranzig. Peridie fest anhaftend, 350 bis 400 μ dick, zweischichtig; äußere Schichte locker, aus wollig-verflochtenen, mäßig derbwandigen, verbogenen, gelbbraunen, septierten, an der Spitze schwach stumpfkeulig angeschwollenen, 5 bis 11 μ dicken Hyphen bestehend, die aus der zirka 80 μ dicken inneren Schichte entspringen, die aus 7 bis 8 Lagen von sehr zartwandigen, rundlich-polyedrischen, farblosen oder gelblichen, bis 16 μ breiten Parenchymzellen besteht.

Gleba aus länglichen, unregelmäßig verbogenen und lappigen, bis 1 2 *mm* langen und 0·4 *mm* breiten Kammern bestehend, die undeutlich radial, von der Mycelansatzstelle ausgehend, angeordnet sind und durch bis 120 μ dicke Wände voneinander getrennt sind, welche mit dem aus 26 bis 28 = 10 bis 14 μ großen, zylindrischen Basidien bestehenden Hymenium bekleidet sind. Basidien einsporig, Sterigmen fädig, bis 20 = 4 μ groß, mit den Basidien während der Sporenbildung rasch verschrumpfend.

Trama der Kammerwände dreischichtig; Mittelschichte aus zarten, 4 bis 6 μ dicken, wellig verlaufenden Hyphen bestehend; Außenschichten aus 2 bis 3 Lagen von Parenchymzellen aufgebaut.

Fig. 2. *Hymenogaster javanicus* v. H.

Zwei Sporen 1000fach vergrößert.

Sporen lebhaft braun, fast zitronenförmig, oben mit hellerer, kegeliger, stumpflicher Papille, unten dickwandiger und quer abgestutzt, 17 bis 18 = 10 bis 12 μ groß.

Sporenmembran außen glatt, zweischichtig, mit eingelagerter Stäbchenstruktur, daher die Sporen feinwarzig-körnig aussehen.

Im Humusboden des Urwaldes von Tjibodas auf Java. Ich fand zwei Exemplare des Pilzes, die sich fast gleichen. Unter den etwa 40 beschriebenen *Hymenogaster*-Arten dürfte *H. Bullardii* (Vitt.) am nächsten stehen. Die Basidien habe ist stets nur einsporig gefunden, doch findet schon während der Sporenbildung eine rasche Verschrumpfung der Basidie mit dem fädigen Sterigma statt, wodurch die sichere Beobachtung sehr erschwert wird. Die Sporen sind tatsächlich glatt, sind aber infolge der Stäbchenstruktur der Wandung scheinbar feinkörnig-warzig, wie Fig. 2 zeigt.

4. **Corditubera microspora** n. sp.

Pilz unterirdisch, 21 bis 23 *mm* breit, 10 bis 15 *mm* dick, etwas niedergedrückt knollenförmig, häufig oben in der Mitte eingedrückt, glatt, festfleischig, außen eben oder mit rundlichen Buckeln und Falten versehen, unten in der Mitte tief eingedrückt und daselbst stets weiße, verzweigte, dickere und dünne, rhizomorphaähnliche, oft bandartig flache Hyphenstränge ansitzend. Außenfarbe (der Alkoholexemplare) schokoladebraun (C. C. 60, 64); Fleisch schmutziggelblich (C. C. 128 *D*, 103 *D*, 147), von netzig anastomosierenden, von der Mitte der Basis ausgehenden, daselbst sich zu einer Art niedriger Kolumelle vereinigenden sterilen Adern durchsetzt; Netzmaschen zahlreiche rundliche oder längliche, basidienführende Geflechtspartien enthaltend, die durch schmale Tramagewebsschichten voneinander getrennt sind. Tramagewebe aus wellig verflochtenen, sehr zartwandigen, hyalinen, etwas verschleimenden, 2 bis 3 μ breiten Hyphen bestehend, zwischen welchen spärlich derbwandigere, braune, 2 bis 4 μ dicke, eine Art rudimentäres Capillitium darstellende, hie und da keulig oder spindelförmig bis 8 μ Breite anschwellende Hyphen verlaufen. Peridie $^1/_2$ bis $^3/_4$ *mm* dick, fest anhaftend, fleischig, aus großen, zartwandigen, mit meist wässerigem, hie und da mit braunem Inhalt versehenen Pseudoparenchymzellen bestehend, zwischen welchen teils zarte, hyaline, dünne, teils braungefärbte, hie und da unregelmäßig anschwellende Hyphen verlaufen, Äußeres Viertel des Peridiums bräunlich; im inneren Viertel wenigstens stellenweise dicht zerstreute größere, unregelmäßig rundliche Zellen mit braunem homogenen oder körnigen Inhalt auftretend. Fertile Gewebspartien meist rundlich-polygonal, undeutlich radial gereiht, 200 bis 600 μ breit, häufig mit Hohlraum in der Mitte, durch die meist 40 bis 100 μ dicken Tramaschichten voneinander getrennt. Basidien kurz, etwa 5 bis 6 μ breit, zartwandig, an den Enden dicht verflochtener Hyphen der fertilen Schichte sitzend. Sporen meist zu 5 bis 6, hyalin bis schwach gelblich, anfänglich glatt, dann kurzstachelig-punktiert, relativ derbwandig, kugelig, $3^1/_2$ bis 5 μ breit, mit 1·5 bis 3 μ langem hyalinen dünnen Stielchen.

Die Gattung *Corditubera* aus der Gruppe der Sclerodermataceen wurde von P. Hennings (in A. Engler's botan. Jahrb. f. System., 23. Bd., p. 557) im Jahre 1897 mit der Art *C. Staudtii* P. Henn. aus Kamerun in Westafrika aufgestellt. Seither ist eine zweite Art nicht bekannt geworden. Die beschriebene obige Art ist von *C. Staudtii* schon durch die viel kleineren Sporen und andere Merkmale sicher völlig verschieden. Die javanische Art war frisch sicher nicht rot und wahrscheinlich geruchlos. Vom Baue der fertilen Gewebspartien abgesehen,

Fig. 3. *Corditubera microspora* v. H.

1, 2 Längsdurchschnitte, 3 Außenansicht, 4, 5 Basidien mit Sporen und Sterigmen, 6 eine Spore mit Stielchen, 7 zwei braune Hyphen aus dem Tramagewebe mit Anschwellungen.

ist der Aufbau des Pilzes ganz so wie bei *Hysteraugium*, wie der Vergleich meiner Fig. 3 mit Fig. 154 in Engler-Prantl, Nat. Pfl. Fam. I, 1**, p. 305, sofort zeigt; doch ist der Pilz eine *Plectobasidiaceae*.

5. **Hydnobolites javanicus** n. sp.

Pilz unterirdisch, unregelmäßig knollig, mit flachen Höckern und Wülsten, außen gelblich, innen blässer, 13 *mm* breit, 10 *mm* hoch, matt, fast samtig-filzig, ohne Mycelstränge. Fleisch weich, ohne sterile Adern, aus einem Geflecht von hyalinen, 10 bis 12 μ breiten, mäßig dünnwandigen Hyphen bestehend, in welchem zahlreiche, dichtstehende, 1- bis 3sporige, länglich keulige, etwa 120 = 60 μ große Asci liegen. Peridie dünn, wenig differenziert, aus gelblichen, derbwandigen, dick septierten, an

den Enden schwach keulig verbreiterten, einen lockeren Filz bildenden, bis 16 μ breiten Hyphen bestehend. Sporen genau kugelig, blaßgraubräunlich, 26 bis 32 μ breit, mit 1·5 bis 2 μ dicker, zweischichtiger Wandung, der zahlreiche, etwa 4 μ lange, spitze oder abgestumpfte, oft flachgepreßte oder verwachsene Stacheln aufsitzen. Im Umfang der größeren Sporen stehen zirka 40 bis 45 Stacheln.

Ein Exemplar im Boden des Urwaldes von Tjibodas.

Ist von den drei bisher bekannten Arten der Gattung schon durch die wenigsporigen Asci und die großen Sporen verschieden. Die Stacheln der Sporen scheinen durch Differenzierung in einer äußeren, etwa 4 μ dicken, sehr hyalinen Membranschichte zu entstehen und nicht aufgesetzt zu sein. Darnach wären sie eine Art von Stäbchendifferenzierung in der Membran.

175. Helicobasidium inconspicuum v. H. n. sp.

Überzüge sehr dünn, zart samtig, kaum sichtbar, durchscheinend, weitausgebreitet, unberandet. Hyphen verworren, zart, ohne Schnallen, 2 bis 3 μ dick. Basidien vorragend, zylindrisch keulig, gerade oder etwas gekrümmt, meist durch 3 Querwände in 4 Zellen geteilt, die je ein kurzes Sterigma tragen, 40 bis 50 ≍ 7 bis 8 μ.

Sporen hyalin, kurzzylindrisch bis fast eiförmig, mit grobkörnigem Inhalt, unten seitlich mit kurzem, stumpfem Spitzchen, 10 bis 12 ≍ 7 bis $7^1/_2$ μ groß.

Zusammen mit *Heimerlia hyalina* v. H. (II. Standort!) an morschem Eichenholz am Kolbeter beim Loudondenkmal im Wienerwald, August 1907.

Die weder trocken noch frisch kaum erkennbare Art steht dem *H. farinaceum* v. H. nahe, ist aber davon, wie der direkte mikroskopische Vergleich zeigte, völlig verschieden.

176. Über Sphaeria barbirostris Dufour.

Dieser Pilz (Fries, Syst. myc. II, p. 473) wurde von Saccardo (Syll. I, p. 410) zu *Ceratostomella* (Sporen einzellig), von Ellis und Everhart (The northamerican Pyrenomycetes, p. 512) zu *Calosphaeria* gestellt.

Mit derselben ist offenbar identisch *Ceratostoma dispersum* Karsten (Mycol. Fenn. II, p. 416), dessen Originalexemplar Fungi fennici, Nr. 966, ich aber nicht untersuchen konnte.

Die Prüfung von zwei amerikanischen Exemplaren der *Sphaeria barbirostris* Duf. (Ellis und Everhart, Fungi Columb., Nr. 948, auf morscher Ahornrinde, und eines anderen auf morschem Eichenholz von A. J. Picters, 1894 in Casc. Grove, Ithaca, gefunden) zeigte mir nun, daß der Pilz zweizellige, hyaline, stumpflich-spindelförmige, 6 bis 8 ≃ 2 μ große Sporen hat. Ferner sind spärliche, langfädige, zarte, septierte, 3 bis 4 μ breite Pseudoparaphysen vorhanden.

Die Perithecien sind manchmal ganz eingesenkt und fast kahl, manchmal ganz oberflächlich und dicht kurz braunhaarig. Die Haare schnüren oft 2- bis 3zellige, braune, eiförmige bis längliche, 9 bis 16 ≃ 4 bis 5 μ große Conidien ab. Der ringsum dicht mit kürzeren oder längeren, braunen, stumpfen, 2- bis 3zelligen, abstehenden Haaren dicht bedeckte Schnabel ist 2- bis 6mal so lang als das Perithecium.

Der Pilz ist eine ganz typische *Lentomita* und muß nun *Lentomita barbirostris* (Dufour) v. H. heißen.

Das in Rehm, Ascom. exsiccati 1696, als *Calosphaeria barbirostris* (Duf.) E. u. Ev. ausgegebene Exemplar ist eine wenig behaarte Form des Pilzes und wächst ebenso wie der oben erwähnte Karsten'sche Pilz auf alter, morscher Birkenrinde, was wieder zeigt, daß offenbar beide Arten identisch sind.

177. Zythia coeruleo-atra v. H. n. sp.

Pycniden zerstreut, oberflächlich, schwarz, mit einem Stich ins Blaue, kugelig, trocken flachgedrückt, weichfleischig, 250 bis 350 μ groß. Perithecienmembran dünn, häutig-fleischig, weich, schmutzig graugrünlich-blau, aus 3 bis 4 μ breiten, verzweigten, derbwandigen Hyphen plectenchymatisch aufgebaut, undeutlich kleinzellig. Ostiolum klein, rundlich. Sporenträger hyalin, einfachfädig, zirka 12 bis 15 ≃ 1 bis 1·5 μ, die Perithecienwandung innen dicht auskleidend, an der Spitze die einzelnstehenden, fast hyalinen, graubläulichen, in Haufen deutlich gefärbten, einzelligen, länglichen, geraden oder gekrümmten, 3 bis 5 ≃ 1·5 bis 2 μ großen Sporen bildend.

An noch hartem, am Boden liegendem Holz von *Carpinus Betulus*, am Sattelberg bei Preßbaum im Wienerwald, Juli 1907.

Ist als *Zythia* sicher nicht beschrieben, aber auch unter den genauer beschriebenen *Phoma*-, *Aposphaeria*- und *Coniothyrium*-Arten nicht zu finden.

178. **Eleutheromycella** n. g. (Nectrioideae-Zythiae).

Pilz-Schmarotzer. Pycniden rundlich oder länglich, fleischig-häutig, weich, ohne Schnabel, anfänglich ganz eingesenkt, später hervorbrechend, mit Mündung und mit deutlich parenchymatischer Wandung. Sporenträger dichtstehend, lang, einfach oder an der Basis büschelig verzweigt. Sporen acro- und pleurogen, hyalin, spindelförmig, beidendig mit je einer Cilie versehen.

Die Gattung hat genau den gleichen Bau des Pycnidennucleus wie *Eleutheromyces*, von welcher Gattung ich angegeben habe (diese Sitzungsber., 1902, p. 1022), daß Asci völlig fehlen und daher dieselbe nicht zu den Ascomyceten, sondern zu den Nectrioideen gehört.

Da neuerlich Saccardo (Syll. XVII, p. 779) sowie früher Fuckel (Symb. myc., p. 183) angibt, Asci gefunden zu haben, habe ich das Fuckel'sche Exemplar nochmals genau geprüft und bin zu demselben negativen Ergebnisse wie 1902 gelangt. Durch die Auffindung der neuen Gattung *Eleutheromycella* mit genau derselben Art der Sporenbildung und Sporenform von *Eleutheromyces* wird dieses Ergebnis bestätigt.

Eleutheromycella unterscheidet sich von *Eleutheromyces* durch die anfänglich ganz eingesenkten Pycniden, mit deutlichem, ziemlich grobzelligem, parenchymatischem Bau der Wandung und den völligen Mangel eines Schnabels.

Eleutheromyces hat oberflächliche, geschnäbelte Pycniden, deren Wandung undeutlich zellig, plectenchymatisch aufgebaut ist.

Eleutheromycella mycophila n. sp.

Pycniden matt schwarz, kugelig, 300 bis 600 μ breit, ganz eingesenkt oder hervorbrechend, fast oberflächlich und aus verschmälerter Basis keulig gestreckt bis 800 μ hoch, mit

kegeliger Mündungspapille und rundlichem, 40 bis 50 μ breiten Ostiolum. Pycnidenwandung fleischig-häutig, etwa 35 μ dick, aus 5 bis 6 Lagen von dunkelbraunen, eckigen, 6 bis 8 μ breiten, dünnwandigen Pseudoparenchymzellen bestehend, innen dicht mit einfachfädigen oder an der Basis langbüschelig verzweigten, meist 50 = $1^1/_2$ bis 2 μ großen, seltener bis 80 μ langen Sporenträgern besetzt, an welchen teils acro-, teils pleurogen sehr zahlreiche hyaline, einzellige, spindelförmige, meist 8 bis 11 = 1·3 bis 1·5, seltener 16 = 1·7 μ große, unten mit kurzer, oben mit bis 24 μ (seltener bis 46 μ) langer Cilie versehene Sporen, die einige kleine Öltröpfchen enthalten, entstehen.

Auf der Porenschichte und der Oberseite der Hüte von *Polystictus versicolor* am Georgenberg bei Purkersdorf im Wienerwald, August 1907.

179. Pseudopatellina n. g. (Nectrioideae-Patellinae).

Dacrymyces conigenus Niessl ad inter. in Rabenhorst-Winter, Fungi europ. Nr. 2628, an Zapfenschuppen von *Pinus silvestris* bei Brünn, ist eine eigentümliche Nectrioidee mit schließlich weitgeöffnetem, schalenförmigem Gehäuse, in die Abteilung der *Patellinae* (Syll. III, p. 614) gehörig.

Damit ist vielleicht identisch *Achitonium strobilicola* Kalchbr. (Saccardo, Syll. IV, p. 673, sub *Pactilia*).

Der Pilz ist im trockenen Zustand graubräunlich und auf den Zapfenschuppen nicht zu erkennen. Aufgequollen erscheinen weißliche, polsterförmig vorragende, schleimige Körperchen. Derselbe ist ursprünglich eingewachsen, etwa 400 bis 500 μ breit. Das Gehäuse ist unten flach, dünn, fleischig, fast farblos, sehr undeutlich kleinzellig-faserig aufgebaut. Schließlich reißt dasselbe oben auf und wird die Pycnide schalenförmig. Der Innenraum ist ganz ausgefüllt mit 1·5 bis 2 μ breiten, hyalinen, stark unregelmäßig verzweigten und miteinander anastomosierenden, sporentragenden Hyphen, zwischen welchen in großer Menge die hyalinen, einzelligen, elliptischen, $2^1/_2$ bis 3 = 1·5 bis 1·7 μ großen, außen schleimigen Sporen eingestreut sind. Dieselben entstehen offenbar pleurogen an den das Pycnideninnere ausfüllenden verzweigten Hyphen.

Wie man aus dieser Beschreibung ersieht, hat diese Form einen ähnlichen Bau des Nucleus wie *Plectophoma* (diese Sitzungsber., 1907, p. 637) und *Pseudopatella*. Von diesen beiden Gattungen unterscheidet sie sich aber durch das weiche, blasse Gehäuse, von *Pseudopatella* überdies durch die einzelligen Sporen.

Da *Plectophoma* wahrscheinlich, *Pseudopatella* sicher zu *Discomycetes* als Nebenfruchtformen gehören, ist es auch wahrscheinlich, daß dies bei der in Rede stehenden Form der Fall ist. Niessl hält es für möglich, daß sie zu *Propolis rhodoleuca*, die sich mit ihr häufig zusammen an den Föhrenzapfenschuppen vorfindet, als Nebenfruchtform gehört.

Der Pilz bildet eine neue Formgattung, welche *Pseudopatellina* genannt sei.

Pseudopatellina n. g. **(Nectrioideae-Patellinae).**

Gehäuse eingesenkt, hervorbrechend, weich, blaß, fleischighäutig, schließlich oben aufreißend und dann schalenförmig. Sporenträger das ganze Innere ausfüllend, lang fadenförmig, verzweigt und anastomosierend. Sporen einzellig, seitlich an den Sporenträgern entstehend.

Ps. conigena (Niessl) v. H. Rabenhorst-Winter, Fungi europ. Nr. 2628.

Syn.: *Dacrymyces conigenus* Niessl.
? Achitonium strobilicola Kalchbr.
? Pactilia strobilicola Sacc. Syll. IV, p. 614.

180. Über Sphaeronema flavo-viride Fuckel.

Dieser von Fuckel (Symb. myc. p. 147) beschriebene, von Saccardo (Syll. III, p. 618) und Allescher (Fungi imperfecti, VII, p. 305) als *Sphaeronemella* aufgeführte Pilz ist, wie die Untersuchung des Fuckel'schen Originalexemplars (Fung. rhen. Nr. 774) lehrte, eine *Stilbella*.

Der Pilz wächst zerstreut auf morschem Holz und entspringt einer sehr dünnen, rundlichen Membran. Der Stiel ist kurz (etwa 300 bis 400 μ lang) und etwa 100 bis 150 μ dick. Er besteht aus hyalinen oder (am alten, lange aufbewahrten

Exsikkate) gelblichen, dünnen, parallelen Hyphen, die nach oben keulig-obkonisch auseinandertreten und ein aus schleimig verklebten hyalinen Sporen bestehendes, rundliches Köpfchen tragen. Frisch ist der Pilz nach Fuckel grünlich. Die Sporen sind länglich, 4 bis $5 \simeq 2\,\mu$. Die Sporenträger sind meist einfachfädig und bis über $80 \simeq 1 \cdot 5\,\mu$ groß.

Verwandte Formen scheinen zu sein: *Stilbum turbinatum* Tode (Saccardo, Syll. IV, p. 573); *St. xanthopus* Rabh. (Bot. Zeitg., 1860, p. 174; Saccardo, Syll. X, p. 683), und *St. nanum* Mass. (Saccardo, Syll. XVI, p. 1082), sowie einige tropische Formen.

Der Pilz hat zu heißen *Stilbella flavoviridis* (Fuckel) v. H. oder, wenn man will, *Stilbum flavoviride* (Fuckel) v. H.

181. Zur Synonymie einiger Pilze.

1. **Dacrymyces adpressus** Grogn. (Plant. cellul. de Saône et Loire, p. 200) zeigt nach dem Originalexemplar in Fungi gallici, Nr. 2216, weder Basidien noch Sporen und ist offenbar ein ganz unreifer Zustand irgend einer Tremellinee, wahrscheinlich von *Tremella mesenterica*. Der Pilz ist im lange aufbewahrten Zustand gelblich, aufgeweicht zähe gelatinös, oberseits lappig. Im frischen Zustand ist derselbe nach Grognot orangerot, was ebenfalls dafür spricht, daß er nichts anderes als *Tremella mesenterica* ist.

2. **Cytospora melasperma** (Fr.) var. **Fraxini** Allescher (Hedwigia 1895, p. 265; Saccardo, Syll. XIV, p. 916; Allescher, Sphaerioideen, VI, p. 619) ist nach dem Originalexemplar (leg. Schnabl an *Fraxinus* bei München, 1894) vollkommen gleich *Dendrophoma pruinosa* (Fr.) Sacc.

3. Die Gattung **Eleutherosphaera** Grove (Journal of Botany, 45. Bd., p. 169 bis 172, 1907) ist gleich *Rhynchonectria* v. H. (1903). Siehe diese Sitzungsber., Bd. 111, p. 1023.

4. **Ceracea aureo-fulva** Bres. in Krieger, Fungi saxonici Nr. 1909, ist, wie der Vergleich mit dem Originalexemplar von *Dacrymyces confluens* Karsten (Rabenhorst-Winter, Fungi europ. Nr. 3522) zeigte, offenbar mit dieser Art identisch. Beide zeigen etwas gelbliche Sporen, die bis 17 μ lang werden. Viele Sporen werden schließlich zweizellig, einzelne scheinen zuletzt

5 bis 6 Querwände zu erhalten. Der Standort beider Pilze ist genau der gleiche. Einen sicheren Unterschied zwischen beiden kann ich nicht finden.

Auch *Dacryomyces corticioides* Ell. et Ev. (Journal of Mycology, 1885, p. 149; North-Americ. Fungi Nr. 1587) ist wahrscheinlich derselbe Pilz.

5. **Polyporus cadaverinus** Schulz. apud Kalchbrenner, Icones sel. Hymenomycetum Hungariae, p. 55, Taf. 35, Fig. 1. Ist ein ganz rätselhafter Pilz, von dem schon Fries (Hymen. europ., p. 544) sagt: »Species abnormis, apto loco vix inserenda nec rite definienda«. Betrachtet man die Abbildung, insbesondere die Zeichnung und Färbung des Fleisches des Pilzes, die Angabe, daß der Pilz auf morschen Eichen wächst, die Sporen »ovato subglobosae, minutae umbrinae« sind und der Pilz einen sehr unangenehmen, penetranten und persistenten Geruch hat, so kommt man zur Überzeugung, daß es sich nur um eine abnorme Altersform von *Fistulina hepatica* handelt. Alte, schlechte Exemplare dieser Art sind oft ähnlich gestaltet und riechen dauernd unangenehm. (Äußerlich sehr ähnlich ist *Polyporus quercinus*, dieser hat aber ein weißes Hutfleisch und farblose größere Sporen, kann also nicht in Betracht kommen.)

Namensverzeichnis.

Seite

Achitonium strobilicola Kalchbr. 1024, 1025
Aeruginospora singularis n. g. et sp. 1011, 1012
Agaricus (Collybia) apalosarcus Berk. et Br. 1003
» » *euphyllus* Berk. et Br. 1003
» *(Entoloma) intermixtus* Berk. et Br. 993
» *(Collybia) Magisterium* Berk. et Br. 1003
» *(Entoloma) microcarpus* 993
» *(Pluteus) Rajap* Holt. 989, 992
» *subcernuus* Schulz. 991
Annularia laevis 991
Armillaria eurhiza Berk. 989, 992
» *mucida* 999, 1001, 1007
Boletus granulatus 990
» *luteus* 990
Calosphaeria barbirostris (Duf.) Ell. et Ev. 1022
Ceracea aureo-fulva Bres. 1026
Ceratostoma dispersum Karst. 1022
Chondromyces aurantiacus 1016
Claudopus odorativus Britz. 991
Clitopilus conissans Peck. 991
Collybia apalosarca Berk. 1003, 1007
» *euphylla* Berk. et Br. 1003, 1007
» *eurhiza* (Berk.) v. H. 992, 994
» *Magisterium* Berk. et Br. 1003, 1007
» *radicata* Relh. 992
» » Pat. non Relh. 993
» *sparsibarbis* Berk. et Br. 989, 992
Corditubera microspora n. sp. 1019
» *Staudtii* P. Henn. 1020
Craterellus rugulosus (Lév.) 1008
Crepidotus nidulans 991
Cytospora melasperma Fr. 1026
» » var. *Fraxini* Allesch. 1026
Dacrymyces adpressus Grog. 1026
» *confluens* Karst. 1026

Seite

Dacrymyces conigenus Nssl. 1024, 1025
» *corticioides* Ell. et Ev. 1027
Dendrophoma pruinosa (Fr.) Sacc. 1026
Eleutheromycella mycophila n. sp. 1023
Eleutherosphaera Grove 1026
Entoloma intermixtum (Berk. et Br.) 993
» *microcarpum* 993
Filoboletus mycenoides P. Henn. 1013
Fistulina hepatica 1027
Flammula Filipendula P. H. et E. N. 989, 993
» *Janseana* P. H. et E. N. 989, 993
Heimerlia hyalina v. H. 1021
Helicobasidium inconspicuum v. H. 1021
Hydnangium javanicum P. Henn. 1017
Hydnobolites javanicus n. sp. 1020
Hymenogaster Bullardii (Vitt.) 1018
» *javanicus* n. sp. 1017
Hypholoma appendiculatum 990
Hypocrea gelatinosa (Tde.) 999
» *rufa* 999
Inocybe geophila 993
» *pluteoides* v. H. 991
Lentinus cartilagineus Berk. 989, 992
Lentomita barbirostris (Duf.) v. H. 1022
Mycena rugulosa (Lév.) 1010, 1011
Naucoria Cucumis 991
Neoskofitzia pallida 999
» *termitum* v. H. 998
» *verruculosa* 999
Nolanea subcernua Schulz. 991
Oudemansiella apalosarca (Berk. et Br.) v. H. 1005, 1007
» *platensis* Speg. 1005, 1006, 1007
Pactilia strobilicola Sacc. 1025
Phacolimacium bulbosum P. Henn. 1003, 1005, 1007
Phlebophora campanulata Lév. 1008
» *rugulosa* Lév. 1008, 1010, 1011
» *Solmsiana* P. Henn. 1008, 1009, 1010, 1011

Seite

Pholiota Janseana P. H. et E. N. 989, 993
Pleurotus columbinus 991
» *nidulans* 991
Pluteus bogoriensis P. H. et E. N. 989, 993
» *macrosporus* P. Henn. 1003, 1005, 1006, 1007
» *Rajap* Holt. 989, 992
» *termitum* P. Henn. 989, 993
» *Treubianus* P. H. et E. N. 989, 993
Podaxon carcinomalis (L.) Fr. 988
Polyporus cadaverinus Schulz. 1027
Polystictus versicolor 1024
Propolis rhodoleuca 1025
Pseudopatellina conigena (Nssl.) v. H. 1025
Rhynchonectria 1026
Sclerotium stipitatum B. et C. 995, 996
Sphaeria barbirostris Duf. 1021, 1022
Sphaerocreas javanicum n. sp. 1014, 1017
» *pubescens* Sacc. et Ell. 1016, 1017
Sphaeronema flavoviride Fckl. 1025
Stigmatella pubescens Sacc. et Ell. 1016
Stilbella flavoviridis (Fckl.) v. H. 1026
Stilbum flavoviride (Fckl.) v. H. 1026
» *nanum* Mass. 1026
» *turbinatum* Tde. 1026
» *xanthopus* Rabh. 1026
Stropharia sphingtriger Fr. 990
Termes obscuriceps Wasm. 985
» *Redemanni* Wasm. 985
Tremella mesenterica 1026
Trichoderma lignorum 999
Tricholoma resplendens Fr. 1008
» *subgambosum* Ces. 993
Van Romburghia silvestris Holt. 1008, 1011
Volvaria eurhiza (Berk.) Petch. 990
Xylaria escharoidea Berk. 996
» *flagelliformis* Curr. 996
» *furcata* Fr. 994, 997

Seite

Xylaria Gardneri Berk. 996
» *mutabilis* Curr. 996
» *nigripes* Klotzsch. 994, 995, 996, 997
» *piperiformis* Berk. 996
Zythia coeruleo-atra v. H. 1023

Erklärung der Tafeln.

Tafel 1 und 2.

Verschiedene conidien- und ascusführende Formen von *Xylaria nigripes* Kl. sowie drei Sklerotien davon.

Tafel 3.

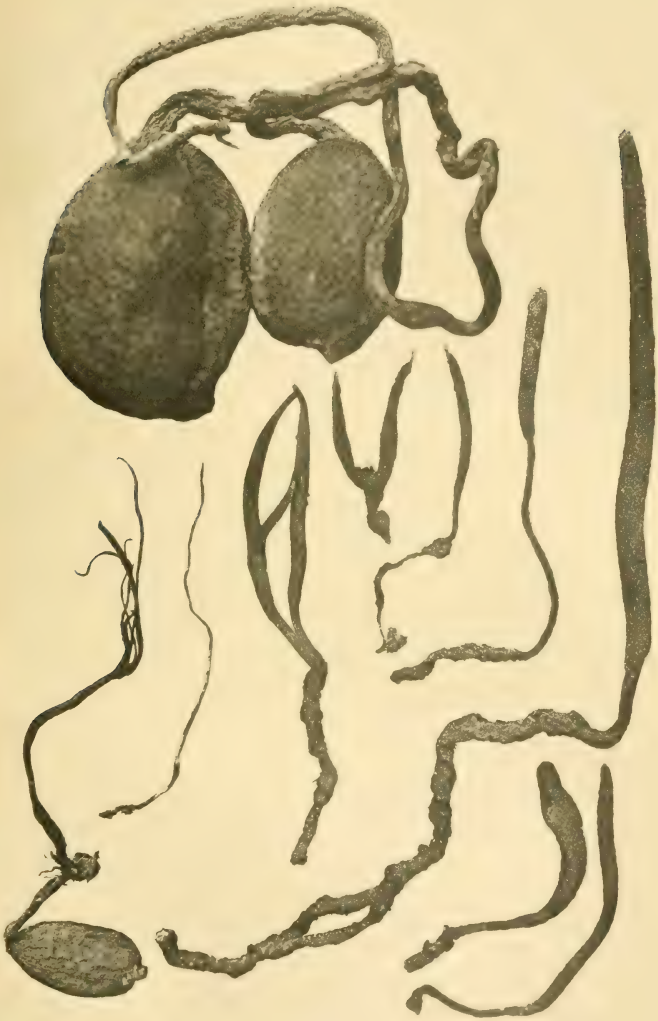
Verschiedene conidien- und ascusführende Formen von *Xylaria furcata* Fr. vom natürlichen Standort.

Tafel 4.

Durch Kultur unter der Glasglocke auf Termitenwaben erzogene Formen von *Xylaria furcata* Fr.

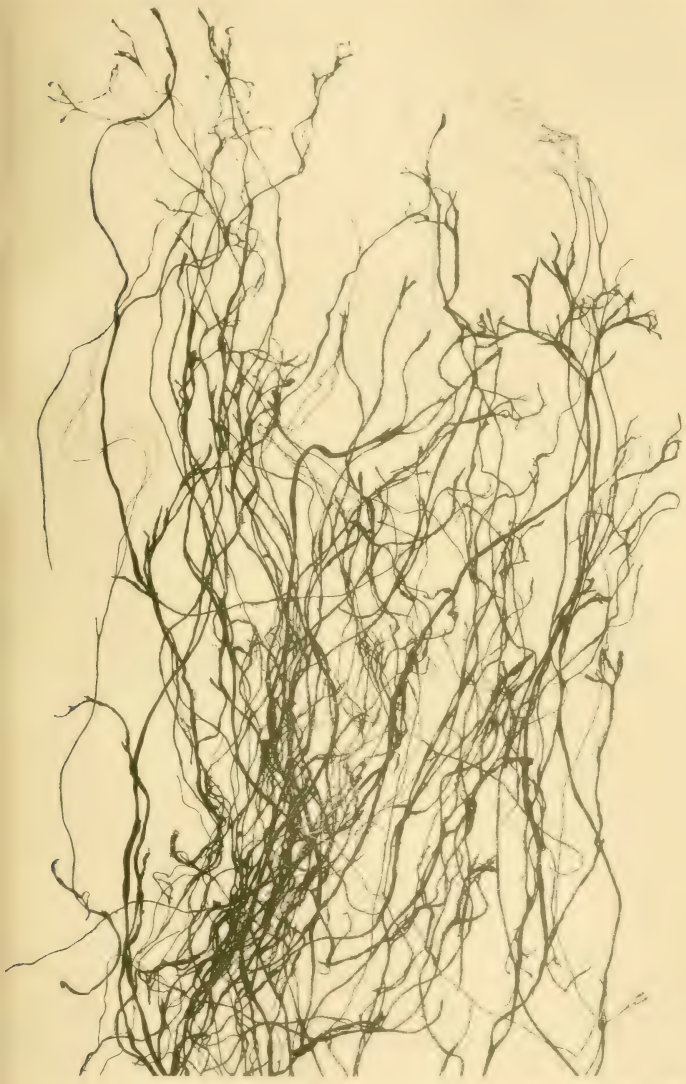
Sämtliche Bilder in natürlicher Größe.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.



Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.



Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Über Gummifluß bei Bromeliaceen nebst Beiträgen zu ihrer Anatomie

von

Karl Boresch.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 114 der zweiten Folge.

(Mit 3 Tafeln.)

Ausgeführt mit Unterstützung der »Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Prag«.

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Oktober 1908.)

Im Warmhause des pflanzenphysiologischen Institutes der deutschen Universität in Prag wird eine von den Gärtnern *Tillandsia Zahnii* benannte Bromeliacee, *Guzmannia Zahnii* Mez, seit längerem kultiviert. An ihr hatte Herr Prof. Dr. H. Molisch schon vor mehreren Jahren eine interessante, bisher nicht beschriebene Erscheinung beobachtet, welche er noch oft zu sehen Gelegenheit hatte, da sie alljährlich an einem oder dem anderen Exemplar der genannten Pflanze zutage trat; es handelt sich um »Gummifluß« bei *Tillandsia Zahnii*. Unmittelbar über dem Erdboden, am Grunde des sichtbaren Stammstückes, dicht unterhalb der Blattrosette quellen bisweilen aus dem Inneren des Stammes glashelle, farblose oder bräunlich gefärbte Gummimassen hervor in Form von Knollen oder Ballen, welche ungefähr die Größe einer Haselnuß und darüber erreichen (Fig. 7, Taf. II); manchmal legt sich das Gummi der Außenseite des Stammes flach an und erlangt dann die Form eines Hohlzylinders. Die Bezeichnung »Gummifluß» kann man wohl mit Recht auch dieser Erscheinung beilegen, da sie ja

sicherlich eine gewisse Ähnlichkeit z. B. mit dem Gummifluß bei Amygdaleen aufweist; doch tritt er bei diesen oft so reichlich und anhaltend auf, daß er eine sichtliche und bedeutende Schädigung der von der »Gummikrankheit« befallenen Pflanze zur Folge hat; ob der Gummifluß auch bei Bromeliaceen schädigend wirkt, ist nicht unwahrscheinlich, aber schwer zu beweisen.

Prof. Molisch ermunterte mich nun, dieser Beobachtung nachzugehen; ich folgte seiner Anregung um so williger, als sich erwarten ließ, daß diese auffallende Erscheinung nicht auf *Tillandsia Zahnii* allein sich beschränken, sondern eine weitere Verbreitung in der Familie der Bromeliaceen haben dürfte; ferner war Hoffnung vorhanden, daß sich bei der Untersuchung der Frage nach dem Ort und der Art der Entstehung so mancher Beitrag vor allem zur Gummibildung bei Bromeliaceen herausstellen dürfte; denn war man bisher, wie aus den vortrefflichen Untersuchungen Wiesner's[1] und Hartwich's[2] hervorgeht, bei der Frage nach der Provenienz, Entstehung und den Eigenschaften des Bromeliaceengummi nur auf die Untersuchung des Gummi allein angewiesen, so bot sich hier zum erstenmal die Gelegenheit, die gummiliefernde Pflanze selbst zu untersuchen.

Die Untersuchung der Bromeliaceen nach dieser Seite hin stand nun stets im Vordergrunde meines Interesses, im Verlauf derselben gesellten sich jedoch noch andere Beobachtungen hinzu, so vor allem die einer Wachstumseigentümlichkeit des Stammes der Bromeliaceen, mit der ich mich etwas eingehender beschäftigt habe. Die vorliegende Arbeit soll sich nun in drei Teile gliedern; als erster Teil soll ein kurzer Abriß über den Bau dieser Pflanzen vorausgeschickt werden, einerseits um über die im folgenden vorausgesetzten anatomischen Verhältnisse zu orientieren, andrerseits um einige nebenbei gefundene Besonderheiten an passender Stelle einzufügen. Obwohl nun die erst im dritten Teil behandelte Gummibildung bei Bromeliaceen infolge ihrer ausführlicheren Untersuchung

[1] Wiesner J., Gummi und Harze, p. 46 ff., zit. nach Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 1900, I. Bd., p. 121 ff.

[2] Hartwich, Chagualgummi. Zeitschrift d. allg. österr. Apothekerver., 1896, p. 565 ff., zit. nach Wiesner J., Die Rohstoffe etc.

an früherer Stelle folgen sollte, so muß ich doch, anknüpfend an die im ersten Teil behandelten anatomischen Verhältnisse als zweiten Teil die Wachstumseigentümlichkeit des Bromeliaceenstammes anreihen, um den logischen Zusammenhang zu wahren.

Als Untersuchungsmaterial standen mir folgende in Warmhäusern verschiedener Gärtnereien kultivierte und meist im Handel[1] erhältliche Bromeliaceen zur Verfügung:[2]

Fascicularia pitcairniifolia Mez (= *Pourretia Mexicana* hort.),
Aregelia cyanea Mez (= *Nidularium denticulatum* Regel),
Aregelia Laurentii Mez (= *Nidularium Laurentii* Regel),
Ananas sativus,
Aechmea fulgens var. *discolor* Brongn.,
Aechmea miniata var. *discolor* hort. (Bak.),
Aechmea caelestis Morr. (= *Hoplophytum caeleste* C. Koch),
Aechmea Pineliana Bak. (= *Echinostachys Pineliana* Brongn.),
Quesnelia roseo-marginata Carr.,
Billbergia pernutans (hybr. *B. decora* × *nutans*) — (= *B. Windi* hort.),
Billbergia nutans Wendl.,
Pitcairnia Roezlii Morr.,
Puya violacea Mez (= *Puya glabrata* Phil.),
Vriesea psittacina Lindl.,
Vriesea longebracteata Mez,
Vriesea splendens Lem. (= *Tillandsia splendens* Brongn.),
Guzmannia lingulata Mez (= *Caraguata lingulata* Lindl.),
Guzmannia Peacockii Mez (= *Caraguata Peacockii* Morr.),
Guzmannia Zahnii Mez (= *Tillandsia Zahnii* hort.).

---

[1] Die Anschaffung dieser Pflanzen wurde durch eine mir von der »Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen« verliehene Subvention ermöglicht, wofür ich derselben zu größtem Danke verpflichtet bin.

[2] In der Bezeichnung der Pflanzen richtete ich mich nach Mez C., *Bromeliaceae* in De Candolle, Monographiae Phanerogamarum, Vol. IX, 1896. Die meist in den Gärtnereien üblichen Synonyma sind daneben in Klammer gesetzt.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, der durch seinen vortrefflichen Rat und sein freundliches Wort meine Arbeit nach jeder Richtung hin unterstützt und gefördert hat, sei an dieser Stelle der innigste Dank gesagt.

Auch Herrn Privatdozent Dr. O. Richter gebührt für sein meinen Untersuchungen jederzeit entgegengebrachtes warmes Interesse herzlichster Dank.

I. Der allgemeine anatomische Bau der Bromeliaceen nebst einigen Besonderheiten.

Bekanntlich sind die Bromeliaceen terrestrisch oder epiphytisch lebende Bewohner der neuen Welt. Der meist kurze Stamm läßt sich in der Regel in das niederblattragende Rhizom und einen mit gestauchten Internodien versehenen Teil, welcher die zu einer Rosette gruppierten Laubblätter trägt, gliedern. Das Wachstum ist meist ein langsames, oft vergehen Jahre, bis sich die Pflanze zur Blütenbildung anschickt und die Entfaltung der Blüte scheint den Höhepunkt im Leben der Bromeliacee zu bedeuten; denn meist geht die abgeblühte Pflanze früher oder später zugrunde, nachdem sie jedoch noch durch Bildung von Seitensprossen, welche aus der Mutterpflanze am Grunde des Stammes hervorkommen, für ihre vegetative Vermehrung gesorgt hat.

Der Stamm.

Macht man einen Querschnitt durch den Stamm einer Bromeliacee, so bietet derselbe dem Beschauer ein höchst verworrenes Bild. Zunächst kann man bemerken, daß er sich in einen Zentralzylinder und in eine diesen umgebende Rinde gliedert. Der erstere zeigt den typischen Bau des monokotylen Stammes, die randständigen Gefäßbündel sind dichter gedrängt als die in der Mitte gelegenen. Die Rinde wird meist nur von wenigen Gefäßbündeln durchzogen. Die dem Zentralzylinder angehörigen kollateralen Fibrovasalstränge, welche bisweilen

gedreht sind, d. h. Holz- und Bastteil liegen nicht immer in der Richtung des Radius, zeigen sichel- oder halbmondförmige, auch ringförmig geschlossene Bastbelege, welche aus sklerenchymatischen, verholzten, oft braun gefärbten Zellen bestehen. Was ihren Verlauf betrifft, so konnte auch ich in zahlreichen Fällen die für Bromeliaceen charakteristische Modifikation des Palmentypus bestätigen, die schon Unger[1] an *Bromelia Ananas* und Falkenberg[2] an *Nidularium rigidum* beobachtet hat; sie besteht darin, »daß gleichzeitig mehrere Stränge in derselben Höhe sich einem anderen Strang anschließen, so daß, von unten betrachtet, ein Strang sich plötzlich in drei oder vier Stränge zu spalten scheint«. Querschnitte in der Höhe der Vereinigung zeigen dann gewöhnlich Stränge mit einem zentral gelegenen Bastbündel, welchem seitlich die Gefäßbündel anliegen. Aus dem Zentralzylinder treten durch die Rinde in die Blätter häufig Blattspurstränge über, welche schräg, ja selbst horizontal verlaufen, weshalb sie am Stammquerschnitt in ihrem Längsschnitt getroffen werden. Noch verworrener werden die Verhältnisse durch den merkwürdigen Anschluß der Adventivwurzeln an den Stamm; die Insertion derselben erfolgt oft in bedeutender Höhe am Zentralzylinder, manchmal in sehr großer Nähe vom Vegetationspunkt, mitten unter den zu den Blättern führenden Blattspursträngen. Dieses Verhalten findet wohl seine Erklärung in der im Verhältnis zur Größe der Blattrosette geringen Stammlänge, so daß die Wurzeln, falls sie ihrer mechanischen Funktion, der Befestigung der Pflanze, nachkommen sollen, die Angriffspunkte der Kraft möglichst hoch hinauf verlegen müssen. Noch sonderbarer ist aber der Verlauf dieser Wurzeln; sie treten nämlich nicht in der Höhe ihrer Ansatzstelle aus der Rinde ins Freie aus, sondern ziehen durch dieselbe parallel zur Achse des Stammes oft auf weite Strecken hinab, um endlich viel tiefer unterhalb ihres Ursprungs aus dem Stamm hervorzubrechen; diese interessanten Eigentümlichkeiten der Wurzeln der

---

[1] Unger F., Über den Bau und das Wachstum des Dicotyledonenstammes, 1840, p. 50.

[2] Falkenberg P., Vergleichende Untersuchungen über den Bau der Vegetationsorgane der Monocotyledonen, 1876, p. 70 ff.

Bromeliaceen hat Jörgersen[1] zum Gegenstande seines Studiums gemacht. Die vertikal nach abwärts ziehenden Wurzeln werden auf dem Querschnitt durch den Stamm quergeschnitten sein und den radialen Bau ihres Gefäßbündels deutlich erkennen lassen. Unter diesen Umständen ist es möglich, quer- und längsgeschnittene kollaterale und quergeschnittene radiäre Gefaßbündel dicht beisammen auf einem Querschnitt vereinigt zu sehen. Verhältnisse, welche ganz besonders deutlich die Grenze zwischen Zentralzylinder und Rinde bestimmen, sollen im zweiten Teil behandelt werden. Das übrige Gewebe ist meist Parenchym, so das der Rinde oder das Grundgewebe des Zentralzylinders; doch können auch die Zellen des letzteren ihre Wände verdicken und Holzsubstanz einlagern, so besonders im unteren Teil des Stammes *(Guzmannia Zahnii, Guzmannia Peacockii)*. Durch ihre Größe fallen auch zahlreiche raphidenhältige Schleimzellen auf, die in allen Teilen der Pflanze vorkommen.

Das Rhizom ist nach außen durch ein Periderm abgeschlossen, welches der laubblattragenden Region des Stammes fehlt und seine Entstehung einem deutlich entwickelten Phellogen verdankt; manchmal, so besonders schön bei *Guzmannia lingulata*, erreicht der Kork eine ganz erstaunliche Mächtigkeit. Falkenberg[2] erwähnt bei *Aechmea fulgens*, daß der äußere Teil der Rinde von Gefäßbündeln freibleibt und infolge des Auftretens eines später verholzenden Periderms abstirbt und abgesprengt wird. Diesen Vorgang, der sich vielleicht mit der Borkenbildung bei Dikotylen vergleichen ließe, konnte ich auch bei *Quesnelia roseo-marginata* beobachten und er scheint bei Bromeliaceen überhaupt verbreitet zu sein. Dieses Periderm gibt wohl infolge seiner Verholzung keine deutliche Korkreaktion, sondern beim Kochen mit Kalilauge verquellen bloß seine Zellen.

---

[1] Jörgersen A., Bidrag til. Rodens Naturhistorie, I. Botanisk Tidsskrift 3 R., 2. Bd. (Kopenhagen 1878), p. 141 ff., nach dem Ref. v. Warming in Just, Bot. Jahrb. 1878, I. Abt., p. 43.

[2] Falkenberg, l. c., p. 74.

Die Wurzel

besteht ebenfalls aus einem Zentralzylinder und einer Rinde. Jener zeigt ein radiäres Gefäßbündel, dessen Mitte häufig von einem sklerenchymatischen braun gefärbten Marke eingenommen wird; nach außen zu wird er von einer wohl entwickelten Endodermis eingeschlossen. Die Rinde ist infolge ihrer Ausbildung besonders auffällig; der innere und bei weitem kleinere Teil derselben, welcher unmittelbar auf die Endodermis folgt, besteht aus einem lockeren Parenchymgewebe. An diesen parenchymatischen Teil schließt sich unvermittelt ein mächtig entwickelter sklerenchymatischer Ring von tief rotbrauner Farbe an, der nach Mez [1] als charakteristisches Merkmal für die Familie der Bromeliaceen anzusehen ist (l'écorce intermédiaire). Der rindenläufige Teil der Wurzel wird gegen das umgebende parenchymatische Rindengewebe des Stammes durch eine Lage von Zellen, deren äußere Wand anscheinend sehr dick ist und als weißglänzende Schicht deutlich hervortritt, abgegrenzt; nach ihrer Lage muß man sie als Wurzelepidermis ansprechen, der die Reste der beim Durchbruch der Wurzel beiseite geschobenen, gepreßten, teilweise wohl auch aufgelösten Rindenzellen aufliegen; so erscheinen die hier gelegenen Raphidenzellen ganz eng und tangential zur Wurzelperipherie gepreßt. In jungem Zustand gibt diese Schichte ausgezeichnet die Zellulosereaktion mit Chlorzinkjod. Wahrscheinlich hat auch Jörgersen [2] diese Schichte bereits gesehen; »das Wurzeln angrenzende Stengelparenchym wird oft in eine gelbe, fast homogene Masse umgebildet, in welcher die Zellwände nur undeutlich hervorschimmern«.

Verschiedene Elemente des Stammes und der Wurzel, meist sklerenchymatische Zellen, so die Rinde und das Mark der Wurzeln, die Bastbelege der Gefäßbündel des Stammes, sind mit einem braunen Stoff tingiert; sie zeigen, mit einer Lösung von Eisensulfat behandelt, eine intensive Schwärzung; vielleicht ist der Stoff, welcher ihre Braunfärbung bedingt, gerbstoffartiger Natur.

---

[1] Mez, l. c., p. XLVI ff.

[2] Jörgersen, l. c.

Eine auffallende Reaktion mit Chlorzinkjod bei Aechmea Pineliana.

Zerschneidet man den Stamm der genannten Pflanze, so erscheinen die Schnittflächen gelb; Querschnitte im Mikroskop zeigen sowohl im Zentralzylinder als auch in der Rinde zahlreiche Zellen von hellgelbem Inhalt. Setzt man nun Chlorzinkjod hinzu, so färbt sich der Inhalt dieser Zellen in kurzer Zeit intensiv schwarzblau (stellenweise erscheint eine grüne Farbe, die aber nur die Mischfarbe aus dem Blau der Reaktion und dem Gelb des Reagens ist). Diese so entstandene Färbung ist nicht diffus, sondern an einen fein gekörnelten Niederschlag in den Zellen gebunden, der aber auch in die Umgebung des Schnittes austritt. Diese Reaktion gelingt mit andern Jodlösungen (Jodwasser, -tinktur, -chloralhydrat) nicht, was schon darauf deutet, daß beide Komponenten im Chlorzinkjod für das Zustandekommen der Reaktion notwendig sind; davon kann man sich auch dadurch überzeugen, daß man Schnitte zunächst mit einer Lösung von Zinkchlorid behandelt, was eine gekörnelte Fällung von gelber Farbe in den Zellen zur Folge hat, und dann Jodwasser zusetzt, worauf die Blaufärbung eintritt. Diese Reaktion scheint also einem in diesen Zellen gelösten Stoffe zuzukommen, der, durch das Chlorzink gefällt, das Jod in blauer Farbe speichert. Und daß es wahrscheinlich auch derselbe Körper ist, der die gelbe Farbe dieser Zellen hervorruft, geht aus der Tatsache hervor, daß die Blaufärbung durch das Chlorzinkjod nur dort auftritt, wo das Gewebe gelb gefärbt ist: so reicht die gelbe Färbung in der Rinde des Stammes höher als im Zentralzylinder, sie fehlt und mithin auch die Reaktion der nahe unter dem Vegetationspunkt gelegenen Partie des Stammes, ferner ganz jungen Seitensprossen, überhaupt mit einem Wort: wo sich noch embryonales Gewebe vorfindet.

Über die beiläufige Natur dieses Stoffes gibt vermutlich folgende Reaktion Aufschluß. Legt man Schnitte durch den Stamm dieser Pflanze in eine verdünnte Lösung von Eisensulfat, so färben sich dieselben gelb gefärbten Zellen, wie sie eben besprochen wurden, schmutzig grün; in gleicher Weise ist auch hier die Färbung nicht gleichmäßig, sondern kommt

einem feinen Niederschlag zu, wie wir ihn oben bei der Reaktion mit Chlorzinkjod kennen gelernt haben. Häufig erscheinen auch in den Zellen verschieden große Tropfen von der genannten Farbe, was vielleicht mit der durch die Plasmolyse allmählich erfolgten Konzentration zusammenhängt. Setzt man nun zu den so behandelten Schnitten Chlorzinkjod hinzu, dann schlägt der schmutziggrüne Farbenton in den früher beschriebenen schwarzblauen um. Diese Tatsache sowie der Umstand, daß diese Reaktion ebenso wie die frühere nur den gelben Zellen zukommt, rechtfertigt die Vermutung, daß es sich bei den Reaktionen um ein und denselben Körper handelt, welcher die Gelbfärbung der Zellen hervorruft, und, nach der Reaktion mit Eisensulfat zu schließen, ein eisengrünender Gerbstoff sein dürfte.

Daß diese Reaktionen mit Alkoholmaterial nicht gelangen, wies darauf hin, daß dieser gelbe Körper in Alkohol löslich sei, um so mehr, als der Alkohol sich auch gelb färbte. Die Löslichkeit dieses Körpers in Alkohol gestattet es nun, dieselben Reaktionen auch außerhalb der Pflanze auszuführen. Macht man ein alkolisches Extrakt aus dem Stamme dieser Pflanze und läßt den Alkohol abdampfen, so bleibt ein Rückstand von intensiv gelber Farbe zurück, welcher auf Zusatz nur von Chlorzinkjod und nicht anderer Jodlösungen eine tief blaue, auf Zusatz von Eisensalzlösungen eine schmutziggrüne Farbe annimmt. Dieser Versuch, der mit schon reineren, d. h. einfacheren Lösungen ausgeführt wurde, ist eine Stütze mehr für die oben ausgesprochene Vermutung.

Braungefärbte Krystallsphärite bei Aechmea Pineliana.

Des öfteren erblickt man in Schnitten durch den Stamm einer lebenden *Aechmea Pineliana*, bisweilen in großer Zahl und verschiedener Größe, gelbbraune Sphärite. Sie traten stets nur in abgestorbenen Zellen, also postmortal, auf, und zwar entweder einzeln und dann meist größer oder zu mehreren und dann kleiner. Beim Erwärmen auf dem Objektträger über dem Mikrobrenner verschwanden sie, indem sie in Lösung gingen; daß hiedurch die Konzentration sehr gering wird, dürfte vielleicht der Grund sein, warum sie beim Abkühlen nicht neuerlich ausfallen.

Diese Eigenschaft kann man dazu verwerten, wahrscheinlich dieselben Krystalle auch außerhalb der Pflanze zu erhalten. Stammschnitte von *Aechmea Pineliana* wurden gekocht, die Lösung eingeengt und auf dem Objektträger verdampfen gelassen. Es bildeten sich nun braune Krystallsphärite meist etwas größer als die in der Pflanze auftretenden; sie verschwanden beim Erwärmen wiederum und erwiesen sich als schwach gerbstoffhaltig. Ihre chemische Natur ist mir unbekannt.

II. Eine Wachstumseigentümlichkeit des Bromeliaceenstammes.

Macht man einen Querschnitt durch den laubblattragenden Teil des Stammes einer mehrjährigen Bromeliacee, z. B. *Aechmea Pineliana*, so fällt an der Grenze zwischen Zentralzylinder und Rinde eine ringförmige, meristematische Zone auf, welche sich durch meist tangentiale Teilungen ihrer Zellen und durch das Auftreten von Gefäßbündelanlagen verschiedenen Alters auszeichnet (Fig. 1, Taf. I).

Die Zellen dieser Zone weisen gegenüber ihren Nachbarzellen, welche das Parenchym der Rinde und des Zentralzylinders zusammensetzen, mannigfache Verschiedenheiten auf; ihr Bau ist zarter, ihre Wände sind nicht verdickt, häufig ist ihnen eine in tangentialer Richtung gestreckte Gestalt eigen, während in ihrer Umgebung polygonal geformte Zellen zu finden sind; auch an Größe kommen sie ihren Nachbaren nicht gleich; meist führen sie einen deutlichen Kern, der Besitz von Stärke geht ihnen ab, höchstens gelangen in ihnen nur winzig kleine Stärkekörner zur Ausbildung; diese werden, je weiter sie sich von der Zone entfernen, um so größer, bis sie ihre für die betreffende Pflanzenart charakteristische Größe erreicht haben; Interzellularräume fehlen zumeist, wenn sie aber vorhanden sind, bringen sie es nur zu geringer Ausdehnung im Gegensatz zu den Zellen der Nachbarschaft, welche deutliche, oft von Luft erfüllte Räume zwischen sich lassen; dieser Mangel an Interzellularen und besonders das Fehlen von Stärke sind zwei Umstände, die das bisweilen ganz prägnante Hervortreten dieser Zone bedingen, indem sie

sich als heller Ring von ihrer grau erscheinenden Umgebung abhebt.

Die hier erfolgenden Teilungen spielen sich meist bei weitem nicht mit jener Intensität ab, mit der z. B. der Verdickungsring einer *Dracaena* unermüdlich neue Zellen schafft; denn nur bisweilen in Fällen, welche noch später beschrieben werden sollen, ordnen sich die neugebildeten Elemente in radiären Reihen an und liefern dann ein Bild, das mich anfangs lebhaft an die Wachstumsvorgänge bei *Dracaena* erinnerte; ist also die Tätigkeit dieser Zone größtenteils eine nur geringe, so lassen sich doch stets die in ihr entstehenden Teilungswände deutlich erkennen und die hier gebildeten Prokambiumstränge geben das beste Zeugnis von der nicht erloschenen zellenbildenden Tätigkeit derselben.

Die Vorgänge, die sich hier bei der Entstehung der Gefäßbündel abwickeln, sind ganz ähnlich jenen, wie sie z. B. Sanio[1] für *Ruscus* beschrieben hat, und werden durch die Fig. 1 bis 4 (Taf. I) anschaulich gemacht. Je tiefer gegen die Mitte des Stammes zu die Prokambiumstränge zu liegen kommen, eine desto höhere Entwicklung zeigen sie. Zunächst treten in einzelnen Zellen der meristematischen Zone zahlreiche Teilungswände in radialer, tangentialer und schräger Richtung auf, aber noch längere Zeit ist es möglich, die Konturen dieser ursprünglichen Zellen zu erkennen (Fig. 3, Taf. I); allmählich aber werden ihre Umrisse durch die weiter fortschreitenden Teilungen verwischt, es entstehen die ersten Bastzellen (Fig. 1, Taf. I); an der Innenseite des Prokambiumstranges verrät sich der Holzteil durch das größere Lumen seiner Elemente, die ersten Gefäße tauchen auf, während an der äußeren Seite der Fibrovasalstranganlage die Zellen, welche den künftigen Bastbeleg zu bilden bestimmt sind, ihre Wände verdicken (Fig. 2, Taf. I), bis schließlich das fertige Gefäßbündel mit seiner mächtigen Bastsichel vorliegt (Fig. 4, Taf. I).

Dieses ringförmige Teilungsgewebe, durch dessen Tätigkeit Parenchymzellen und Gefäßbündel erzeugt werden, konnte bei

---

[1] Sanio C., Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Bot. Ztg., XXI. Jahrg., 1863, p. 383.

sämtlichen untersuchten Bromeliaceen in mehr minder großer Deutlichkeit nachgewiesen werden.

Zur Klärung dieser Teilungsvorgänge soll nun ein Rückblick auf die Literatur geworfen werden, um ähnliche Verhältnisse bei Monokotylen aufzudecken und Anhaltspunkte zu gewinnen, wie sich diesen verwandten Erscheinungen der vorliegende Fall beiordnet.

Bekanntlich lassen sich bei den Monokotylen hinsichtlich des Dickenwachstums zwei Gruppen unterscheiden, die eine mit begrenztem, die andere mit unbegrenztem Dickenwachstum; was die erste Gruppe anlangt, war Schleiden[1] der erste, welcher, wenn auch noch unklar, erkannte, »daß ebenso wie man es längst von den Dikotylen wußte, auch bei Monokotylen die Entstehung der Gefäßbündel in einer unter der Stammoberfläche gelegenen Cambialschicht stattfinde, in welcher gleichzeitig mit den Gefäßbündeln auch das zur weiteren Ausbildung des Stammes dienende parenchymatose Gewebe zur Entwicklung kommt«. Karsten[2] zeigte uns, daß die mächtigen Stämme der Palmen einem in ihrer Stammspitze tätigen Kegelmantel von kambialem Gewebe die Entstehung von Gefäßbündeln und Parenchym nach innen, in zentripetaler Folge, verdanken; hat dieser kambiale Kegelmantel, welcher bei vorgeschrittener Entwicklung in seinem unteren Teil die Form eines Zylinders besitzt, die verschiedenen Teile des Stammes ausgebildet, dann wird der Bildung von neuen Zellen Einhalt geboten, seine Zellen verholzen und erzeugen nach Karsten den sogenannten Holzzylinder. Schacht[3] behauptet, daß der Stamm sämtlicher Monokotylen auf dem Querschnitt dicht unterhalb der Terminalknospe einen »Verdickungsring« zeige; auch v. Mohl,[4] der den bogigen Verlauf der Gefäßbündel bei Monokotylen durch die Tätigkeit dieses kambialen Kegelmantels erklärte, und Sanio,[5] der diese Verhältnisse für *Ruscus* feststellen konnte, sind geneigt, den Besitz dieses Verdickungsringes (Kambiumschicht nach Mohl), der die Pflanze zu einem, wenn auch nur vorübergehenden Dickenwachstum in der Stammspitze befähigt, für die Monokotylen überhaupt zu verallgemeinern. In der Folgezeit konnte Falkenberg[6] zeigen, daß

[1] Schleiden M. J., Grundz. d. wiss. Bot. etc., 1843, II., zit. nach Mohl H. v., Über die Cambiumschicht des Stammes der Phanerogamen und ihr Verhältnis zum Dickenwachstum desselben. Bot. Zeitg., XVI. Jahrg., 1858, p. 185.

[2] Karsten H., Die Vegetationsorgane der Palmen, 1847, zit. nach Mohl, l. c., p. 193.

[3] Schacht H., Die Pflanzenzelle, 1852, p. 318.

[4] Mohl H. v., Über die Cambiumschicht des Stammes der Phanerogamen und ihr Verhältnis zum Dickenwachstum desselben. Bot. Zeitg., XVI. Jahrg., 1858, p. 185.

[5] Sanio C., Vergleichende Untersuchungen über die Zusammensetzung des Holzkörpers. Bot. Ztg., XXI. Jahrg., p. 383.

[6] Falkenberg, l. c., p. 144.

dieses vorübergehende Dickenwachstum des Zentralzylinders, welches sich nur auf einen kurzen Stengelabschnitt unterhalb des Vegetationspunktes erstreckt und nur kurze Zeit andauert, nicht nur auf *Ruscus* sich beschränkt, sondern auch bei *Allium Cepa*, *Cordyline vivipara* und *Tradescantia argentea* vorhanden ist. Und Schoute[1] schließt umgekehrt aus dem häufigen Vorkommen des von v. Mohl erklärten, für Monokotylen charakteristischen Gefäßbündelverlaufes, daß das »Dickenwachstum mittels eines solchen Cambiums in der Spitze eine sehr allgemein verbreitete Eigenschaft ist, was auch durch die anatomische Untersuchung bestätigt wird«. In jüngster Zeit konnte auch Straßburger[2] die v. Mohl'schen Angaben für den eine bedeutende Größe erreichenden Vegetationspunkt der Palme *Washingtonia filifera* bestätigen.

In schroffen Gegensatz zu diesen Beobachtungen stellt sich Nägeli,[3] welcher als »Monokotyledonentypus mit begrenzter Bildung von Fibrovasalsträngen«, wohin »die Palmen mit der großen Mehrzahl der Monokotyledonen gehören«, die Wachstumsverhältnisse bei *Chamaedorea elatior* Mart. anführt: »Aus dem Urmeristem scheiden sich zahlreiche Cambiumstränge aus, welcher Prozeß in den Internodien im Zentrum beginnt und ziemlich rasch nach der Peripherie hin fortschreitet. Ich kenne bei *Chamaedorea* keine Erscheinung, welche so (als Verdickungsring) bezeichnet werden könnte, indem die Cambiumstränge, wie bereits gesagt wurde, beinahe gleichzeitig angelegt werden und die Teilung der Parenchymzellen auf allen Punkten des Querschnittes fast gleichzeitig aufhört«. Nägeli kann »also die Erreichung der definitiven Stammdicke nur als eine Folge der Ausdehnung der im Vegetationspunkt gebildeten Zellen ansehen.«[4] Falkenberg[5] wirft die Frage auf, »ob der Stamm der überwiegenden Mehrzahl von Monocotyledonen in seiner ganzen oft einen bedeutenden Durchmesser erreichenden Dicke direkt aus dem Vegetationspunkt gebildet wird, oder ob er in seinen jüngsten Teilen ein, wenn auch nur vorübergehendes Dickenwachstum besitzt«. Ob letzteres bei allen Monokotylen vorkommt, scheint ihm zweifelhaft »und hat Schacht, der dasselbe als regelmäßig vorhanden annimmt, vielleicht häufig die peripherischen Zellen des Zentralzylinders, welche häufig einen prokambialen Zustand durchlaufen, für den Verdickungsring gehalten«. Und bezüglich der Verdickungsweise der Palmenstämme berichtet Eichler:[6] »Die ganze Stammverdickung beruht aber nur auf Erweiterung der Grundgewebs-

---

[1] Schoute J. C., Die Stammesbildung der Monokotylen, Flora. 92. Bd., Jahrg. 1903, p. 37.

[2] Strasburger E., Über die Verdickungsweise der Stämme von Palmen und Schraubenbäumen. Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot., 43. Bd., 1906, p. 585.

[3] Nägeli C., Beiträge zur wiss. Bot., 1. Heft, 1858, p. 19 ff.

[4] Falkenberg, l. c., p. 11.

[5] Falkenberg, l. c., p. 10 und 145.

[6] Eichler, Über die Verdickungsweise der Palmenstämme, Sitzber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1886, Bd. XXVIII, p. 501, zit. nach Strasburger E., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena, 1891, p. 381.

zellen, und zwar des Parenchyms derselben, wie der die Gefäßbündel begleitenden Sklerenchymfaserbelege«.

Wir sehen somit, daß sich die Monokotylen mit begrenztem Dickenwachstum nach unseren derzeitigen Kenntnissen hinsichtlich desselben in zwei Gruppen teilen lassen, eine Unterscheidung, die durchaus nicht immer auf systematische Einheiten Rücksicht zu nehmen braucht (Palmen); in der einen wird die Stammesverdickung lediglich der Erweiterung der aus dem Urmeristem des Vegetationspunktes gebildeten Elemente zugeschrieben, in der anderen Gruppe, welche wohl eine weit größere Verbreitung haben dürfte, kommt es im Vegetationspunkt zur Ausbildung eines kambialen Kegelmantels, der nach innen Gefäßbündel und Parenchym erzeugend, den Stamm befähigt, vorübergehend in die Dicke zu wachsen; natürlich wird auch hier der Größenzunahme der aus demselben gebildeten Zellen eine nicht zu unterschätzende Rolle für die endgültige Dicke des Stammes zukommen. Trotz der Verschiedenheit haben beide eines gemeinsam, in beiden Fällen handelt es sich um die Anlage von primären Geweben, um primäres Dickenwachstum; denn auch der kambiale Kegelmantel ist, da er sich direkt aus dem Urmeristem des Stammscheitels ableitet, als primäres Meristem anzusehen und »die aus dem primären Meristem direkt hervorgegangenen Gewebemassen und ihre Anordnung werden die primären genannt«.[1]

Den Monokotylen mit begrenztem Dickenwachstum steht nun eine allerdings nur kleine Gruppe gegenüber, welche unbegrenzt in die Dicke wächst und am würdigsten von dem durch seine Riesendimensionen und sein gewaltiges Alter ausgezeichneten Drachenbaum vertreten wird; derselbe besitzt einen dauernd tätigen Verdickungsring, der sich in ähnlicher Weise wie das eben geschilderte primäre Kambium betätigt; und diese äußere Ähnlichkeit dürfte der Grund gewesen sein, warum er von den älteren Forschern, Schleiden,[2] Karsten,[3] v. Mohl,[4] Sanio[5] für identisch gehalten wurde mit dem in der Stammspitze liegenden Kambium primärer Art; sie stellten sich eben vor, daß die Tätigkeit des letzteren bei *Dracaena* im Gegensatz zu anderen Monokotylen nicht erlösche, sondern erhalten bleibe, solange der betreffende Stamm oder Ast lebt. Erst die trefflichen Untersuchungen Millardets[6] haben Klarheit in diese Verhältnisse gebracht und für *Dracaena* den Besitz zweier Kambien ergeben; das eine entfaltet seine Tätigkeit in der Stammspitze und führt zur Entstehung

---

[1] De Bary A., Vergl. Anat. d. Vegetationsorgane etc., 1877, p. 235.

[2] Schleiden, l. c., zit. nach Mohl, l. c., p. 193.

[3] Karsten, l. c., zit. nach Mohl, l. c., p. 195.

[4] Mohl H. v., l. c., p. 194 ff.

[5] Sanio C., l. c., p. 385.

[6] Millardet A., Sur l'anatomie et le développement du corps ligneux dans les genres *Yucca* et *Dracaena* (Extr. d. Mém. Soc. Imp. Sc. nat. de Cherbourg, t. XI, 1865), zit. nach dem Ref. v. Reess, Bot. Zeitg., XXV. Jahrg., 1867, p. 14.

von Gefäßbündeln in der bekannten Weise, wie dies bereits Sanio für *Ruscus* beschrieben hat. »Successive Querschnitte durch tiefer liegende Partien des Stammes zeigten aber noch ein weiteres Cambium und eine weitere Holzlage von wesentlich anderer Entstehung und Beschaffenheit, welche der Verfasser als sekundäres Cambium und sekundäres Holz bezeichnet entsprechend der »schon von Nägeli hervorgehobenen Unterscheidung«. Das Auftreten dieses zweiten Verdickungsringes wird dadurch eingeleitet, daß in gewissem Abstand vom Vegetationspunkt die bereits in Dauergewebe übergegangenen Randzellen des Zentralzylinders zu neuem Leben erwachen, indem in ihnen zahlreiche Teilungen erfolgen und so ein sekundäres oder Folgemeristem zur Ausbildung bringen.

Die Bezeichnungen »primäres und sekundäres Gewebe, beziehungsweise Wachstum« lassen sich somit bei *Dracaena* ungemein scharf auseinanderhalten, indem die primäre Anordnung der Gewebe durch die Tätigkeit des primären Kambiums in der Spitze des Stammes hervorgeht, der sekundäre Zuwachs aber sein Dasein einem sekundären oder Folgemeristem verdankt. Etwas schwieriger ist schon diese Unterscheidung bei der ebenfalls von Millardet[1] untersuchten *Yucca aloifolia*, wo die sekundäre Kambiumschicht sich aus dem primären Parenchym der Stammspitze einige Millimeter unterhalb des punctum vegetationis ausscheidet; und noch mehr verschwimmen diese beiden Begriffe bei *Calodracon Jacquini*, welche Nägeli[2] als »Monokotyledonentypus mit unbegrenzter Bildung von Fibrovasalsträngen« beschreibt: »Aus dem Urmeristem scheiden sich zahlreiche Cambiumstränge aus. Das zwischenliegende Meristem bleibt noch eine Zeitlang in Teilung, vorzüglich durch Querwände; die Entstehung von Längswänden in demselben hört frühzeitig auf. Außerhalb der Cambiumbündel beharrt aber eine ringförmige Schicht in Bildungstätigkeit: (sie) dauert so lang der Stamm oder Ast lebt«. Obwohl also nach den Untersuchungen Nägeli's dieser Meristemring sich direkt aus dem Urmeristem des Vegetationspunktes ableitet, also primär ist, so sprechen wir dennoch von sekundärem Dickenzuwachs bei *Calodracon*. Eine noch größere Verwirrung wurde dadurch hervorgerufen, daß diese übliche Unterscheidung zwischen primären und sekundären Geweben von der Sanio'schen Initialtheorie beeinflußt wurde.[3] De Bary[4] bereits fühlt sicherlich die Unmöglichkeit einer scharfen diesbezüglichen Abgrenzung, indem er schreibt: »Es ist nun allerdings a priori zu erwarten, daß die Ausbildung der primären Gewebemassen nicht plötzlich, sondern in bestimmter Sukzession erfolgt, und daß die sekundäre Veränderung sich an sie unmittelbar anschließen kann, ohne scharfe Abgrenzung beider Prozesse. Immerhin aber läßt sich hier in zahlreichen typischen Fällen eine Grenze finden und von dieser ausgehend allgemein durchführen«. Schoute[5]

[1] Millardet A., l. c. nach dem Ref. l. c., p. 16.

[2] Nägeli, l. c., p. 21.

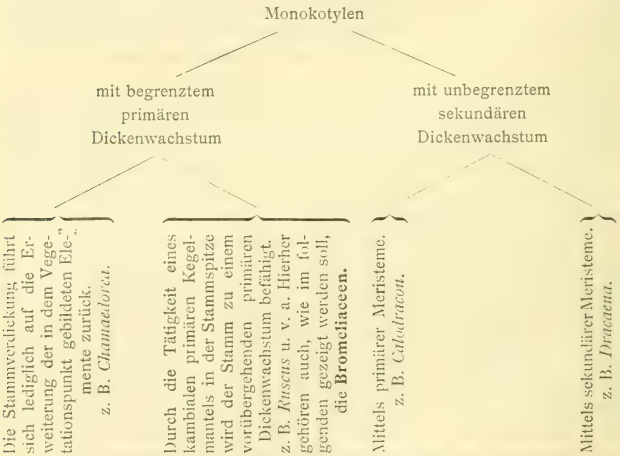
[3] Schoute J. C., Über Zellteilungsvorgänge im Cambium (Verh. kon. Ak. Wetenschr., Amsterdam, Deel IX, Nr. 4, 1902, zit. nach dem Ref. v. E. Küster, Just's bot. Jahrb., XXX. Jahrg., 1902, 2. Abt., p. 287.

[4] De Bary, l. c., p. 234.

[5] Schoute, l. c., 1902.

endlich zeigte an der Hand seiner Untersuchungen über Zellteilungsvorgänge im Kambium, daß es eine anatomische Trennung dieser Gewebearten nicht gebe; nur vom physiologischen Standpunkte aus sei es möglich, eine Unterscheidung zu treffen: »Die primären Gewebe sind solche, welche direkt vom Embryo oder von den Vegetationspunkten aus gebildet werden. Bei vielen Pflanzen genügen diese Gewebe den Anforderungen der Pflanze nicht und es werden nach beendigtem Längenwachstum der Organe neue Gewebe gebildet, d. h. das nachträgliche oder sekundäre Dickenwachstum.« Und Strasburger[1] scheint die Palme *Washingtonia filifera* ein neues Beispiel dafür zu bieten, wie schwierig eine diesbezügliche Unterscheidung sei. Dieser Wandlung der ursprünglich so klaren Begriffe trägt denn auch die Definition derselben Rechnung, welche Strasburger[2] im Lehrbuch der Botanik gibt: »Die primären sind solche, welche aus dem Urmeristem und primären Meristemen vor beendigtem Längenwachstum hervorgehen, die sekundären solche, welche den primären Meristemen oder den Folgemeristemen nach beendetem Längenwachstum ihre Entstehung verdanken«.

Den Überblick über diese Literaturzusammenstellung soll folgendes Schema erleichtern:



Bei einem Vergleich des eingangs (p. 1042 ff.) beschriebenen Meristems bei Bromeliaceen mit den eben erwähnten Fällen, wo ein Kambium bei Monokotylen überhaupt beobachtet wurde,

[1] Strasburger, l. c., 1906, p. 601.

[2] Strasburger, Noll, Schenck, Karsten, Lehrb. d. Botanik, Jena 1908, p. 85.

zeigt sich zunächst, daß der Bildungsprozeß in ihm hier wie dort seinem Wesen nach derselbe ist, und es drängen sich nun die Fragen auf, zu welchem der vorerwähnten Wachstumstypen die Bromeliaceen hinsichtlich ihrer Stammentwicklung zu rechnen sind, ob die hier herrschenden Bildungsvorgänge primärer oder sekundärer Natur sind, welche Eigenschaften und welche Bedeutung diesem Meristem zukommen.

Zu diesem Zwecke ist es notwendig, sich einen Überblick über die Erstreckung dieses Meristems in der Pflanze zu verschaffen. Daraufhin wurde der Stamm einer älteren *Aechmea Pineliana*, die aber noch nicht geblüht hatte, untersucht; er wurde radial der Länge nach entzweigeschnitten; diesen Längsschnitt stellt die Fig. 5 (Taf. I) in natürlicher Größe dar; der Stamm hat im ganzen eine Höhe von zirka 4 *cm*, unmittelbar unter dem Vegetationspunkt ist sein Durchmesser nicht unbeträchtlich. Nun wurden durch eine seiner Längshälften Querschnitte in verschiedener Höhe ausgeführt und auf das Vorhandensein des Meristems untersucht.

Der Querschnitt bei *a* (25 *mm* Entfernung vom Scheitel), wo die ersten Wurzeln entspringen, am Beginn der laubblattragenden Region des Stammes, zeigte das Meristem in einer Ausbildung, welche an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig ließ; die Teilung durch tangentiale Wände war meist überall so intensiv, daß sich die neugebildeten Zellen in radiären Reihen anordneten, zahlreiche junge Prokambiumstränge waren in Entstehung begriffen; ihr Verlauf war ganz unregelmäßig, vertikal, schräg, ja selbst horizontal; bisweilen ließ sich ein deutlicher Zusammenhang dieser Teilungsvorgänge mit der Entstehung einer Wurzel feststellen. Im Querschnitt bei *b* (20 *mm* vom Vegetationspunkt entfernt) war die Zone ebenfalls scharf kenntlich, besonders deshalb, weil auch sie wie überhaupt alles embryonale Gewebe den bei *Aechmea Pineliana* gefundenen Stoff (p. 1040), der die Gelbfärbung des Stammes verursacht, nicht besitzt und deshalb sich als helle Zone von der gelben Umgebung abhebt; aber die Intensität der Teilungen hat stark abgenommen, es kommt nicht mehr zur radialen Anordnung der Zellen, immerhin sind aber stets tangential gestellte Teilungswände und Gefäßbündelanlagen verschiedenen Alters von meist vertikalem Verlauf zu erkennen. Bei *c* (10 *mm* Distanz vom Scheitel) waren die Verhältnisse im wesentlichen dieselben wie bei *b*; in diesen Höhen wird die ringförmige Zone oft von den in die Blätter austretenden Blattspursträngen unterbrochen. Bei *d* (5 *mm* Abstand vom Vegetationspunkt) ist die Zone als solche nur mehr schwer zu erkennen; das hat seinen Grund hauptsächlich darin, daß die Zellen hier alle mehr minder jung sind und so ein deutlicher Unterschied zwischen embryonalem und Dauergewebe nicht hervortreten kann; die jugendlichen Prokambiumstränge werden, da sie in dieser obersten Region bogig zusammenneigen im Querschnitt

stets schief getroffen, was auch zur Verundeutlichung der Verhältnisse beiträgt. Dafür läßt sich auf Radialschnitten der Verlauf dieses Meristems mit der größten Deutlichkeit verfolgen und feststellen, daß es sich bis unmittelbar in das Urmeristem des Vegetationskegels, der in Form einer kleinen Kuppe vorragt, fortsetzt; dies konnte ich bei allen daraufhin untersuchten Bromeliaceen bestätigen.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß das in Betracht kommende Meristem tief im Stamm herabreicht, daß es in seinem unteren Teil die Form eines Zylindermantels hat und oben gegen die Spitze des Stammes zu in einen Kegelmantel sich verjüngt, der sich unmittelbar bis in das Urmeristem des Vegetationspunktes verfolgen läßt.

Querschnitte durch den Stamm von *Aechmea Pineliana* unterhalb von *a* in der Entfernung von 30 und 34 *mm* vom Scheitel, wo zahlreiche Wurzeln ihren Ursprung nehmen, lassen zwar die Zone noch deutlich erkennen, aber an ihrer Außenseite beginnen einzelne Zellen ihre Wände zu verdicken, verholzen allmählich und so kommt es zur Ausbildung eines Sklerenchymringes, der eine höchst auffällige Grenze zwischen Zentralzylinder und Rinde abgibt; diese »Außenscheide« hat Falkenberg[1] in den mit gestreckten Internodien versehenen und Niederblätter tragenden Ausläufern von *Aechmea fulgens* gesehen; ich fand sie ferner noch bei *Aechmea coelestis*, *Puya glabrata*, *Billbergia pyramidalis;* bei *Guzmannia Zahnii* tritt sie ganz besonders deutlich durch ihre braune Färbung in Erscheinung.

Wie gelangt nun dieses verhältnismäßig tief herabreichende Meristem zur Ausbildung? Darüber gab die Untersuchung von verschieden alten Seitensprossen derselben Art, z. B. von *Billbergia pyramidalis* Auskunft.

I. Seitensproß noch im Knospenzustand, zirka 4 *cm* hoch: Das Meristem, welches unmittelbar aus dem Urmeristem des Vegetationspunktes hervorging, reichte ungefähr 5 *mm* tief.

Diesem kambialen Kegelmantel verdankt der Vegetationspunkt seine ziemlich beträchtliche Größe und die ganze Zusammensetzung der Stammspitze dieser Knospe verglichen mit den analogen Fällen in der Literatur, läßt keinen Zweifel aufkommen, daß es sich hier um jenes primäre in der Stamm-

[1] Falkenberg, l. c., p. 73, ff.

spitze tätige Meristem handelt, welches die eine Gruppe der Monokotylen mit begrenztem Dickenzuwachs charakterisiert.

II. Seitensproß mit 9 Laubblättern, noch nicht bewurzelt; zirka 25 *cm* hoch und in seinem unteren Teil 4 bis 5 *cm* an Umfang: Das Meristem ließ sich bis zu einer beiläufigen Entfernung von 20 *mm* vom Vegetationspunkt verfolgen.

III. Seitensproß mit 11 Laubblättern, bereits eingewurzelt, ungefähr 35 *cm* hoch, unten 8 bis 9 *cm* im Umfang: In einer Tiefe von zirka 35 *mm* war bereits der Sklerenchymring ausgebildet.

Ähnliches ergab auch die Untersuchung zweier junger Seitensprosse von *Guzmannia lingulata.*

In einem derselben, der noch sehr unentwickelt war, reichte das Kambium nur beiläufig 5 *mm* herab; in dem anderen, das etwas höhere Entwicklung zeigte, erstreckte es sich bis auf 13 *mm* Entfernung vom Vegetationspunkt.

Das in entwickelten Bromeliaceen ziemlich tief herabreichende Meristem dürfte also so entstanden sein, daß der primäre vom Vegetationspunkt sich direkt ableitende Kegelmantel, wie wir ihn in ganz jungen Knospen finden, der emporwachsenden Stammspitze zwar folgte, in seinem unteren Teil aber nicht in Dauergewebe überging, sondern erhalten blieb, wenn er auch an Intensität seiner Bildungstätigkeit bedeutend verloren hat.

Diese Angaben, daß nämlich das in Frage stehende Meristem sich stets bis in den Vegetationspunkt verfolgen läßt und daß es in jungen Entwicklungsstadien der Pflanze nur auf ein kurzes Stengelstück unterhalb des Vegetationspunktes sich erstreckt, mit zunehmendem Alter aber an Ausdehnung beträchtlich gewinnt, machen es in hohem Grade wahrscheinlich, daß wir es bei allen Bromeliaceen der verschiedensten Entwicklungsstufen, wofern sie ein derartiges Meristem besitzen, mit einem solchen primärer Natur zu tun haben. Hiermit steht auch der Umstand in Einklang, daß sich nirgends Anhaltspunkte boten, welche auf den sekundären Charakter desselben deuten würden; denn nirgends ließ sich die Erscheinung beobachten, daß fertige Dauerzellen sich mit einemmal zu teilen begonnen und zur Ausbildung eines bis in den Vegetationspunkt reichenden Folgemeristems geführt hätten.

Eine andere Frage ist nun die, ob die von diesem primären Meristem gebildeten Gewebe primär oder sekundär sind, wissen wir ja doch, daß auch sekundäre Gewebe primären Meristemen

nach beendigtem Längenwachstum der Organe entstammen können. Und hier scheint mir wieder ein Fall gegeben zu sein, wie schwierig es ist, eine strenge Unterscheidung zwischen beiden Begriffen zu treffen. Wann kann man von beendigtem Längenwachstum des Stammes einer Bromeliacee sprechen? Erst wenn dieselbe auf dem durch die leuchtend gefärbten Hochblätter geschmückten Blütenschaft ihre Blüten entfaltet hat und der Vegetationspunkt aufgebraucht worden ist, oder schon früher, wo das Längenwachstum des Stammes sicherlich schon längere Zeit stagniert? Ich möchte zu der ersteren Ansicht hinneigen und alle aus ihm hervorgehenden Bildungen als primär bezeichnen. Wenn die Bromeliacee geblüht und so gewissermaßen den Kulminationspunkt ihres Lebens überschritten hat, dann scheint auch, soweit meine Erfahrungen reichen, der Zeitpunkt gekommen zu sein, wann dieses Meristem in Dauergewebe übergeht; in abgeblühten Pflanzen z. B. *Billbergia pyramidalis, Guzmannia lingulata, Aechmea coelestis, Aechmea miniata* var. *discolor* fand ich an jenen Orten, wo sonst das Meristem tätig war, keine Teilungen mehr, sondern lediglich gewöhnliche Parenchymzellen, welche sich in nichts von dem benachbarten Grundgewebe der Rinde oder des Zentralzylinders unterscheiden; höchstens die am Rande gelegenen Gefäßbündel erscheinen jünger und deuten so noch auf das ehemals hier vorhandene Meristem. Nur im unteren Teile, wo die meisten Wurzeln entspringen, scheint es manchmal (*Guzmannia lingulata, Aechmea coelestis, Billbergia pyramidalis*) noch länger sich zu erhalten. Auch darauf soll noch hingewiesen werden, daß der Zeitpunkt des Verblühens nicht genau mit dem des Erlöschens der kambialen Tätigkeit zusammenfällt, indem z. B. bei *Aregelia Laurentii* selbst nach dem Verblühen noch Neubildungen, wenn auch nur spärlich, beobachtet werden konnten.

Habe ich mich im Vorausgehenden für die primäre Natur dieses Meristems und des aus ihm hervorgehenden Gewebes entschieden und erscheinen hierdurch die Bromeliaceen zu jener Gruppe von Monokotylen gestellt, bei denen in der Stammspitze ein primäres Meristem in der Gestalt eines Kegelmantels den Stamm zu einem primären begrenzten Dickenwachstum be-

fähigt (p. 1048), so sollen noch zwei allerdings schon erwähnte Eigenschaften desselben besonders betont werden, welche in der Regel dem primären Meristem der Stammspitze, dessen Tätigkeit sich meist nur auf einen kurzen Stengelabschnitt unter dem Vegetationspunkt erstreckt und nur kurze Zeit anhält, nicht zukommen, wohl aber bei den sekundär unbegrenzt in die Dicke wachsenden Monokotylen allerdings in noch viel ausgeprägterer Weise auftreten. Die eine dieser Eigenschaften ist sein im Vergleich zur Stammlänge tiefes Herabreichen im Stamme[1]; ein noch tätiges Meristem ließ sich, um nur einige Beispiele zu erwähnen, bei *Guzmannia Zahnii* bis auf zirka 20 *mm*, *Aechmea coelestis* 23 *mm*, *Billbergia pyramidalis* 17 *mm*, *Ananassa sativa* zirka 50 *mm* Entfernung vom Stammscheitel konstatieren. Oft wird es in der unteren Partie des Stammes, dem die Wurzeln entspringen, besonders deutlich, was mit gleich im folgenden zu besprechenden Verhältnissen zusammenhängen dürfte. Und noch eine andere merkwürdige Eigenschaft kommt ihm zu, welche darin besteht, daß es lange Zeit, Jahre hindurch, anhält, was jedenfalls mit dem langsamen Wachstum einer Bromeliacee zusammenhängt; hat dieses in der Blütenbildung sein Ende gefunden, dann wird auch, wie schon erwähnt, der Tätigkeit des Meristems ein Ziel gesetzt.

Was für eine Bedeutung hat nun dieses primäre Meristem von den eben geschilderten Eigenschaften für die Pflanze? Hauptsächlich der unmittelbar unter dem Vegetationspunkt gelegene Teil desselben dient besonders in jungen Sprossen der Anlage der primären Gewebe des Stammes und befähigt ihn zu einem primären Dickenwachstum; selbstverständlich kommt auch die Erweiterung der hier gebildeten Elemente als ein wesentlicher Faktor für die definitive Größe des Stamm-

[1] Absolut gemessen erreicht seine Längserstreckung keinen hohen Wert, weil die untersuchten Bromeliaceen einen nur kurzen Stamm, der übrigens den meisten Vertretern dieser Familie zukommt, besitzen. Von großem Interesse wäre es, baumförmige Bromeliaceen nach dieser Richtung hin zu untersuchen. Hier möge auch erwähnt werden, daß Pax (Engler-Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien II, 5. Abt., 1888, p. 116), bei Agave, welche in mehr als einer Beziehung mit den Bromeliaceen verwandt ist, auch ein allerdings den baumartigen Liliaceen ähnliches Dickenwachstum fand.

durchmessers in Betracht. Aber auch weiter unten wird dieses Meristem sein Scherflein mit zur Verdickung des Stammes beitragen, da ja immer noch in ihm neues Gewebe gebildet wird; aber seine Tätigkeit hat bedeutend nachgelassen, was erstens daraus hervorgeht, daß hier die Teilungen niemals besonders zahlreich vorkommen und zweitens aus der Erwägung einleuchtet, daß bei gleichbleibender Intensität seiner Tätigkeit der Stamm eine viel beträchtlichere Dicke erreichen müßte, als es tatsächlich der Fall ist. Vielleicht soll durch die Erhaltung seiner Funktion der Pflanze nicht die Möglichkeit benommen werden, ihrem jeweiligen Bedürfnis entsprechend neue Wasserbahnen zu bauen, ähnlich wie es Strasburger[1] für die sekundären Neubildungen bei *Washingtonia filifera* auf Grund eingehender Untersuchungen gezeigt hat, und soll so das Leitungssystem funktionstüchtig erhalten werden, auf dessen Leistungsfähigkeit ja später bei der oft ungemein rasch erfolgenden Blütenbildung große Ansprüche erhoben werden. Endlich kommt ihm die Aufgabe zu, die Insertion der Adventivwurzeln an die Gefäßbündel des Zentralzylinders zu besorgen, wie es besonders in der reichlich Wurzeln tragenden Partie des Rhizoms der Fall ist, womit wahrscheinlich die oben schon angedeutete, besonders deutliche Ausbildung des Kambiums und seine hier länger andauernde Tätigkeit in Einklang zu bringen ist. Damit harmoniert auch die Tatsache, daß die hier entstehenden Gefäßbündel durchaus nicht stets parallel zur Längsachse des Stammes angelegt werden, sondern sie verlaufen im Gegenteil in den verschiedensten Richtungen, selbst horizontal bogenförmig, wie es eben gerade notwendig ist. Diese letztere ihm zufallende Aufgabe erinnert an Beobachtungen Falkenbergs[2] in Rhizomen von *Majanthemum*, *Typha* und in der Zwiebel von *Allium*, wo häufig die äußern Schichten des Zentralzylinders, wo sie eine dem Perikambium der Wurzeln entsprechende Schicht darstellen, aus der sich die Beiwurzeln entwickeln, zartwandig bleiben. Gerade diese Tätigkeit des Meristems wird für die Bromeliaceen von Wichtigkeit sein, bei

[1] Strasburger, l. c. 1906, p. 596.
[2] Falkenberg, l. c., p. 148 9.

denen wie eingangs geschildert wurde (p. 1037), die Wurzeln oft in bedeutender Höhe inseriert werden.[1]

III. Gummibildung bei Bromeliaceen.

In den Sechzigerjahren des vorigen Jahrhunderts wurde eine neue Gummiart, *Goma Chagual*, aus St. Jago di Chile, wo sie angeblich als arabisches Gummi benützt wurde, beschrieben, ohne daß jedoch ihr Ursprung nachgewiesen worden wäre. Ist seine Provenienz, wie ich der »Rohstofflehre« von Wiesner entnehme, auch heute noch nicht völlig geklärt, so ist doch soviel sicher, daß dasselbe von mehreren der Gattung *Puya (Pourretia)* angehörigen Bromeliaceen abstammt; wiederholt ist *Puya coarctata* als die Mutterpflanze desselben angegeben worden, allein die von Wiesner[2] und Hartwich[3] untersuchten Proben wiesen durchaus nicht auf die Abstammung von dieser Pflanze her. Wiesner, dem wir mannigfache Untersuchungen über das Chagualgummi verdanken, gibt an, daß es sich an Stengeln, und zwar an Blütenschäften, und an Blättern ansammelt, wie aus der Beschaffenheit der Bruchstücke hervorgeht.[4]

Die eingangs beschriebene Entdeckung Molisch's ist deshalb von besonderem Interesse, weil sie dartut, daß man auch bei uns an einer in unsern Warmhäusern kultivierten Bromeliacee, *Guzmannia Zahnii* bisweilen Gummifluß beobachten kann. Die Vermutung, daß diese Erscheinung nicht vereinzelt unter den Bromeliaceen dastehe, sondern auch anderen Angehörigen dieser Familie zukomme, bestätigte sich bei der

---

[1] Anfangs dachte ich an die Möglichkeit, daß das Fortbestehen des primären Meristems mit der Bildung der für die hier entstehenden Seitensprosse notwendigen Leitungsbahnen zusammenhänge. Allein dagegen spricht schon die allseitige und weite Verbreitung des Meristems als auch die direkte Feststellung der diesbezüglichen anatomischen Verhältnisse; die den Seitensproß versorgenden Leitungsbahnen schließen sich tief im Innern des Zentralzylinders der Mutterpflanze an deren Gefäßbündel an.

[2] Wiesner J., Gummi und Harze, p. 46 ff, zit. nach Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, 1900, p. 121.

[3] Hartwich, Chagualgummi, Zeitschr. d. allg. österr. Apothekerver. 1896, p. 565 ff, zit. nach Wiesner, Rohstoffe etc., p. 122.

[4] Wiesner J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig, 1900, p. 121 ff.

Suche nach ähnlichen Fällen vollauf, wie aus der nun folgenden Aufzählung jener Pflanzen hervorgeht, an denen ich teils in Prag, teils in andern Städten Gummifluß feststellen konnte.[1]

Aregelia princeps Mez,
** *Aregelia Laurentii* Mez,
Aregelia concentrica Mez,
Nidularium fulgens,
Aechmea caerulescens,
** *Aechmea miniata* var. *discolor*,
** *Aechmea caelestis* Morr.,
Aechmea Van Houtteana Mez,
** *Aechmea Pineliana* Bak.,
* *Quesnelia roseo-marginata* Carr.,
* *Billbergia pernutans* (*B. Windi* hort.),
* *Billbergia nutans* Wendl.,
** *Pitcairnia Roezlii* Morr.,
Vriesea longebracteata Mez,
** *Vriesea splendens* Lem.

Bei all den genannten Pflanzen bot der Gummifluß dasselbe oder ein ähnliches Bild, wie es bereits für *Guzmannia Zahnii* beschrieben wurde. Verschieden große Gummimassen von knollenförmiger, bisweilen auch hohlzylindrischer Form, teils glashell, teils in verschiedener Abstufung gelb- bis braungefärbt, waren am Grunde des Stammes unterhalb der Blattrosette aus dem Innern hervorgequollen und hatten sich hier angesammelt. Verhältnismäßig häufig trat Gummifluß bei *Guzmannia Zahnii* und *Aechmea Pineliana* ein. Ein Urteil darüber auszusprechen, ob sich im Austritt des Gummis eine gewisse jährliche Periodizität ergebe oder nicht, reichen meine Untersuchungen nicht aus.

[1] Mit zwei Sternchen sind jene Pflanzen bezeichnet, wo die Originale selbst, die den Gummifluß zeigten, untersucht werden konnten. Von anderen Bromeliaceen konnte ich mir die Exemplare, an welchen ich den Gummifluß sah, nicht beschaffen; hier mußte ich mich begnügen, andere Pflanzen derselben Art, welche also keinen Gummifluß zeigten, zu untersuchen. Diese habe ich mit einem Sternchen bezeichnet. Unbezeichnet sind jene Pflanzen, deren Erwerbung mir nicht möglich war, an denen ich lediglich den Gummifluß beobachten konnte.

Soweit ich die geringe mir zur Verfügung stehende Menge des ausgetretenen Gummi auf seine Eigenschaften geprüft habe, stimmen sie mit der von Wiesner[1] gegebenen, eingehenden Beschreibung des Chagualgummi überein. Es ist durchsichtig, farblos oder von gelber, brauner bis schwarzer Farbe. Das Gummi von *Aechmea Pineliana*, das ursprünglich beim Austritt hellgelb war, wurde längere Zeit offen am Stamme belassen, wobei es eine schwarze Farbe annahm; diese Farbenwandlung könnte ihren Grund in gewissen oxydativen Vorgängen oder in der Einwirkung von Mikroorganismen haben.[2] Einen Ausnahmsfall, der sich mir während meinen Untersuchungen nur ein einzigesmal bot, dürfte wohl eine im durchfallenden Lichte schön grüne Färbung von Gummitröpfchen sein, welche aus einer durch den unteren Teil des Stammes von *Billbergia pyramidalis* geführten Schnittfläche hervorgequollen waren. Die Trommer'sche Zuckerprobe, die Prüfung auf Gerbstoffgehalt, die Ligninreaktion gelangen nicht; auch sein Verhalten gegen Jodlösungen ergab nichts Besonderes; die Wiesner'sche Gummireaktion mit Orcin[3] trat prächtig ein. Beim Austritt aus dem Stamm ist das Gummi stark gequollen; läßt man diese Ballen längere Zeit an der Luft liegen, so schrumpfen sie zu einem unscheinbaren Klümpchen zusammen.

Vorkommen des Gummi in Gummiräumen.

Auffindung derselben. Untersucht man die Pflanzen, bei denen Gummifluß beobachtet wurde, so findet man oft schon mit freiem Auge sichtbar im Stamme mit Gummi erfüllte Räume. Will man sich rasch über das Vorhandensein, die Verbreitung oder Verteilung derselben orientieren, so empfiehlt es sich, den Stamm der Quere und der Länge nach in zahlreiche Stücke zu zerschneiden und in eine feuchte Kammer zu legen.

---

[1] Wiesner, Rohstoffe, l. c.

[2] Vielleicht dürfte auch die verschiedene Färbung der von Wiesner und Hartwich untersuchten Stücke von Chagualgummi zum Teil auf solche Vorgänge zurückzuführen sein.

[3] Wiesner J., Über das Gummiferment. Diese Sitzungsberichte, XCII. Bd., I. Abt., Juliheft, 1885, p. 40.

Wo nun Gummiherde angeschnitten worden sind, dort quellen aus der Schnittfläche kleine Gummitröpfchen hervor und verraten so die Orte der Gummibildung. Doch sind in manchen Fällen diese Gummigänge nur schwer zu finden und können leicht übersehen werden; und selbst auf mikroskopischen Schnitten ist es manchmal nicht leicht, die Gummilücken, besonders wenn sie klein oder von farblosem Gummi erfüllt sind, zu erkennen; da ist es zweckmäßig die Schnitte mit einem Gummi tingierenden Farbstoff zu behandeln, z. B. mit Rutheniumrot, welches das Gummi prachtvoll ausfärbt und so kenntlich macht.

Ihre Verbreitung in der Familie der Bromeliaceen. Wie ja selbstverständlich ist, konnte bei allen Bromeliaceen, aus denen Gummi ausgetreten war, auch das Vorhandensein von Gummigängen konstatiert werden. Außerdem fand ich solche noch bei *Acchmea fulgens* var. *discolor* und *Billbergia pyramidalis*, obwohl die untersuchten Exemplare keinen Gummifluß gezeigt hatten; auch möchte ich zu der Ansicht hinneigen, daß bei allen Bromeliaceen, in deren Innern Gummi gebildet wird, dasselbe gelegentlich auch austreten kann. Überhaupt ist nach Mez[1] das Vorkommen von Gummiräumen bei Bromeliaceen keine Seltenheit: »De grands canaux gummifères lysigènes semblent caractéristiques pour le cylindre central des *Puya* § *Pourretia*.... Des canaux gummifères se trouvent, en outre, chez de nombreux (mais non chez tous) Vriesea, soit dans le cylindre central (p. ex. V. procera, Philippo-Coburgi, tesselata), soit dans l'écorce extérieure (V. goniorhachis) où ils forment des cavités énormes remplies d'une substance jaune. Ils se trouvent de même dans l'écorce de la hampe des *Tillandsia* § *Platystachys*....; chez le *T. compressa* ils sont accolés par rangées de deux à trois.«

Ihre Anordnung und Verteilung innerhalb der einzelnen Pflanzen. Bei den von mir untersuchten Bromeliaceen trat eine Regelmäßigkeit in der Anordnung der Gummi-

[1] Mez, l. c., p. LII.

räume nicht hervor. Über ihre Verteilung in den einzelnen Vegetationsorganen gibt folgende Tabelle Aufschluß:

Name der Bromeliacee	Stamm		Blatt
	Zentralzylinder	Rinde	
Guzmannia Zahnii	+ [1]	+	
Aechmea Pineliana [2]	+	+	
Aechmea fulgens var. *disc.*	+	+	
Quesnelia rosco-marginata		+	
Aechmea miniata var. *disc.*		+	
Billbergia nutans		+	
Aregelia Laurentii		+	
Billbergia pyramidalis		+	
Billbergia pernutans	+	+	
Pitcairnia Roezlii		+	+

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß bei den mir zur Verfügung stehenden Bromeliaceen der Hauptsitz des Gummi der Rinde des Stammes zukomme und auch dort, wo sich im Zentralzylinder Gummiräume befinden, treten sie an Zahl denen der Rinde gegenüber zurück, auch scheinen sie mehr den unteren Teil des Stammes zu bevorzugen. Als einziger Fall, wo sich Gummibildung im Blatte feststellen ließ, ist mir *Pitcairnia Roezlii* bekannt geworden, wo sie aber nur auf den untersten Teil der Blätter beschränkt ist. In Wurzeln fand ich niemals derartige Gummiräume.

Ihre Zahl, Größe und Gestalt. Die Zahl der Gummilücken in den einzelnen Pflanzen schwankt ganz bedeutend. Während z. B. bei *Guzmannia Zahnii, Aechmea Pineliana* besonders die Rinde von ihnen förmlich durchsetzt ist, treten sie bei anderen Bromeliaceen *(Billbergia pyramidalis, Aechmea miniata* var. *discolor)* nur vereinzelt auf. Wie ihre Zahl, so ist

[1] Das + zeigt jene Vegetationsorgane an, in denen ich Gummibildung beobachten konnte.

[2] Bei dieser Pflanze erwähnt auch Mez das Vorkommen von großen lysigenen mit Gummi erfüllten Lücken (l. c., p. XLVIII).

auch ihre Größe und Gestalt sehr verschieden; letztere — und das gilt besonders von den großen Gummiherden — ist meist rundlich, sonst aber unbestimmt, länglich, gekrümmt u. s. w. eine eigentümliche Gestaltung wiesen sie bei *Aechmea fulgens* var. *disc.* und *Billbergia nutans* auf, wo sie mehr gangartig sind und einem beim Schneiden durch das Messer entstandenen Riß ähnelten. Auch ihre Dimensionen sind großen Schwankungen unterworfen; so führte *Vriesea splendens* reichlich Gummilücken, welche die Größe einer Zelle aus der Umgebung hatten, bei *Aechmea Pineliana* dagegen maßen manche Gummihöhlen fast die Rindenbreite.

Physikalische und chemische Eigenschaften des die Gummiräume erfüllenden Gummi.

In der Regel ist dasselbe im Mikroskop farblos, oft genug zeigt es aber auch eine gelbe oder braune Färbung von verschiedener Nuance, hauptsächlich dann, wenn der Gummiraum schon älter ist oder unmittelbar an braungefärbtes Gewebe, z. B. an die Sklerenchymrinde einer die Stammrinde durchziehenden Wurzel angrenzt. Meist erscheint das Gummi strukturlos, manchmal aber besonders erst beim Ausfärben differenzieren sich zarte Stränge in ihm, welche von den Wandungen der in das Gummi hineinragenden Zellen ausstrahlen. In Stammstücken von *Aechmea miniata* var. *discolor* und *Quesnelia roseo-marginata*, die längere Zeit in Alkohol gelegen waren, wies das Gummi eine merkwürdige Schaumstruktur auf; in ihm war eine Anzahl von verschieden großen, doppeltkonturierten rundlichen Hohlräumen zu sehen, die infolge ihrer dichten Aneinanderlagerung ein Zellengewebe in vollendeter Weise vortäuschten; allein beim Kochen mit Kalilauge verschwand dieses Truggebilde alsbald spurlos; jedenfalls kommt es erst durch Einwirkung des Alkohols zustande, denn an frischem Material war nie etwas derartiges zu sehen. Dieses Kunstprodukt erinnert an das von Molisch[1] beschriebene, merkwürdige Verhalten des Milchsaftes von *Carica Papaya* L.;

[1] Molisch H., Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena, 1901, p. 61.

bei Berührung mit Wasser sieht man in ihm ein wabenartiges Netz auftreten. Und ein ähnliches künstliches Zellengewebe erzielte auch Beijerinck[1] aus einer Emulsion von Gelatine und »löslicher Stärke«. Manchmal entsteht bei Zusatz von Alkohol im Gummi eine feine körnelige Fällung.

Das Gummi färbt sich mit Anilinblau, Gentianaviolett, am brillantesten aber mit Rutheniumrot. Mit Eisensulfat behandelt gaben braungefärbte Gummiräume von *Aechmea miniata* var. *discolor* eine auf den Gehalt von eisengrünendem Gerbstoff deutende Schwarzgrünfärbung; augenscheinlich ist hier derselbe braune Farbstoff im Gummi gelöst, welcher sonst die Braunfärbung gewisser Gewebepartien bewirkt.[1] Ein höchst sonderbares Verhalten zeigte das Gummi in den Höhlungen des Stammes von *Quesnelia rosco-marginata* nach Zusatz von Jodwasser oder Jodkali; das Gummi wurde alsdann prächtig grün, was aber vielleicht eine Mischfarbe sein könnte; jedenfalls muß sie auf einen in diesem Gummi gelösten Stoff zurückgeführt werden, denn sonst fand sie sich nirgends.

Thyllenartiges Vorwachsen der Wandzellen in das Innere der Gummiräume.

So ziemlich bei allen Bromeliaceen, bei denen Gummiräume zur Ausbildung gelangen, ist das Verhalten gewisser Wandzellen derselben ein merkwürdiges; sie treiben nämlich thyllenartige Ausstülpungen, die durch wiederholte Teilung auch mehrzellig werden können, in das Innere der mit Gummi erfüllten Höhlungen (Fig. 13, Taf. III).

Berechtigung dieser Bezeichnung und Ähnliches in der Literatur. Der Name »Thyllen« soll streng genommen nur für die Aussackungen der benachbarten Zellen in das Lumen von Gefäßen gebraucht werden. Nichtsdestoweniger kann man nach Küster[2] als Thyllenbildungen »alle Hypertrophien zusammenfassen, die durch lokalisiertes Flächenwachstum der Membranen gekennzeichnet sind und irgend

[1] Beijerinck M. W., Eigentümlichk. d. lösl. Stärke (Zentralbl. f. Bakt., II. Abt., Bd. II, 1896, p. 697), zit. nach O. Richter, Fortschritte der bot. Mikrochemie. (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., Bd. XXII, 1905, p. 226.)

[2] Küster E., Pathologische Pflanzenanatomie, Jena, 1903, p. 99.

welche Hohlräume im Pflanzenkörper füllen«; nach der dort angegebenen Literatur sind bereits zahlreiche Fälle bekannt, wo Thyllenbildung in Sekretlücken beobachtet wurde. Ferner erinnern die hier sich darbietenden Bilder lebhaft an eine bei der Kirschgummibildung schon von Wigand[1] gemachte Beobachtung, die später auch von anderen (Sorauer,[2] Mikosch[3]) bestätigt wurde; einzelne an Rindengummiräume der Kirsche angrenzende Markstrahlzellen können nämlich in die weiche Masse des Gummi hineinwachsen, sich teilen und so Büschel von dendritischer Form bilden, welche dann auch an der Gummibildung teilnehmen.

Ihre Entstehung. In unserem Falle kommen die thyllenartigen Bildungen in den Gummiräumen dadurch zustande, daß sich zunächst die angrenzenden Zellen durch einseitiges Wachstum ihrer Wand vergrößern und gegen das Innere der Gummihöhlung vorwölben; weiterhin können sie sich teilen, die Teilung kann sich wiederholen, bis schließlich ganze Schnüre oder Fäden (Fig. 13, Taf. III, und Fig. 6, Taf. II) entstehen, welche tief in das Gummi hineinragen; man empfängt den Eindruck, als ob dieses an Thyllen erinnernde Parenchym zur Verstopfung des Gummiraumes berufen wäre und in der Tat kann man manchmal bei allerdings schon älteren Gummiräumen die Beobachtung machen, daß sie von diesen Thyllenbildungen ausgefüllt sind (Fig. 8, Taf. II), welche dadurch, daß sie oft miteinander verwachsen, das Aussehen eines Gewebes erhalten. Dieser ganze Vorgang ihrer Entstehung ähnelt sehr gewissen von Massart[4] bei Phanerogamen beschriebenen Vernarbungserscheinungen.

Ihre Gestalt ist meist kugelig oder rundlich, doch bilden sie manchmal die absonderlichsten Formen, so sind sie schlauchartig gekrümmt, gewunden, handschuhfingerartig aus-

---

[1] Wigand A., Über die Deorganisation der Pflanzenzelle. Pringsh. Jahrb., 3. Bd., 1863.

[2] Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, I. Aufl., p. 876, zit. nach Mikosch.

[3] Mikosch K., Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummi. Diese Sitzungsberichte, Bd. CXV, Abt. I, Juni 1906, p. 945.

[4] Massart J., La Cicatrisation chez les végétaux, Revue de l'université de Bruxelles, 1898, p. 738.

gesackt u. dgl. Ihre Größe schwankt innerhalb bedeutender Grenzen; manche derselben vergrößern ihr Volumen viele Male, so daß manchmal schon wenige solche Zellen genügen, um einen Gummiraum auszufüllen.

Ihre Bestandteile. Was ihren Inhalt anlangt, so kann man bei nicht zu alten »Thyllen« meist einen protoplasmatischen Wandbeleg und einen deutlichen Kern beobachten, beziehungsweise ausfärben: bei *Aechmea Pineliana* fiel mir auf, daß bei Zusatz von Alkohol nur die Kerne der thyllenartigen Aussackungen im Momente des Absterbens deutlich hervortraten, wodurch diese Bildungen leicht von den gewöhnlichen Parenchymzellen unterschieden werden konnten. Des öfteren, besonders in ganz jungen Gummiräumen sieht man im Innern dieser thyllenähnlichen Zellen runde, weiße, stark lichtbrechende Körperchen von geringer Zahl und Größe. Ihre Membran ist meist zart, manchmal aber verdickt sie sich sklerenchymatisch, womit gleichzeitig eine Braunfärbung Hand in Hand geht *(Quesnelia roseo-marginata)*.

Bildung des Gummi.

Bezüglich der Gummibildung bei Bromeliaceen schreibt Wiesner in seiner Rohstofflehre, daß es Hartwich [1] geglückt sei, an dem Gummi selbst zu konstatieren, daß das parenchymatische Grundgewebe der Stengel, beziehungsweise Blätter der Stammpflanze durch Verschleimung der Membran in Gummi umgewandelt werde.

Methodisches: Bei der Frage nach der Entstehung des Gummi erwies sich Rutheniumrot (Rutheniumsesquichlorid), welches von Mangin [2] zur Färbung von Gummi eingeführt und seither schon öfter mit Erfolg angewendet wurde,[3] als vorzügliches Färbemittel. Nach meinen Erfahrungen hat sich Mangin's Rutheniumrot geradezu als ein ausgezeichneter

---

[1] Hartwich, l. c., Wiesner, l. c., p. 123.

[2] Mangin L., Sur l'emploi du rouge de ruthénium en anatomie végétale (Compt. Rend. de l'Ac. des Sc., Paris, t. CXVI, 1893, p. 653), zit. nach dem Ref. v. A. Koch, Zeitschr. f. wiss. Mikr., Bd. X, 1893, p. 126.

[3] Richter O., Fortschritte der bot. Mikrochemie etc. Zeitschr. f. wiss. Mikr., Bd. XXII, 1905, p. 390.

Gummifarbstoff bewährt, besonders deshalb, weil ihm, wie Mangin ausführt, die wichtige Eigenschaft zukommt, die ersten Entwicklungsstadien gewisser Schleime auszufärben. Nach Mangin soll es auch Pektinstoffe anzeigen, indem es die Eigentümlichkeit hat, »die von Pektinstoffen abstammenden, aber nicht die von Zellulose- und Calloseverflüssigungsprodukten sich ableitenden Gummiarten und Schleime auszufärben«. Die Brauchbarkeit dieser Reaktion erheischt nach Tobler[1] Vorsicht; denn er konnte zeigen, daß auch andere Körper als Pektinstoffe sich mit Rutheniumrot färben; wenn dieser Farbstoff also auch kein spezifisches Reagens auf Pektinstoffe ist, so dürften die Einwände Tobler's für unseren Fall doch nicht so schwerwiegend sein, da sie sich auf die Tinktion von Pilzen und Flechten beziehen, und ich möchte glauben, daß man die Färbbarkeit des Bromeliaceengummi mit Rutheniumrot, wenn auch nicht als Beweis, so doch als Stütze dafür ansehen könnte, daß es zum Teil ein Umwandlungsprodukt der Pektinstoffe sei.

Entstehung der Gummiräume. *Guzmannia Zahnii*, welche, wie schon gesagt wurde, viele und große Gummihöhlen besitzt, wurde als erste nach dieser Richtung hin untersucht. Sie sind zweifellos lysigener Natur, denn die sie umgebenden Zellen, auch solche, die wir bereits als thyllenartige Vorwölbungen in die Gummimasse kennen gelernt haben, sieht man oft in mehr minder vorgeschrittener Auflösung; und nicht nur bei dieser Pflanze, sondern bei allen Bromeliaceen, wo größere Gummilücken zur Ausbildung kommen, ließ sich deren lysigener Charakter feststellen. Bei dieser immer weiter um sich greifenden Gummosis können natürlich auch angrenzende raphidenführende Schleimzellen in Gummi umgewandelt werden; so sah ich bei *Guzmannia Zahnii* solche Zellen, deren Raphiden schon fast ganz aufgelöst waren; im polarisierten Lichte leuchteten nur mehr winzige Partikelchen derselben auf. Hier liegt wiederum einer von den sich immer mehr häufenden

[1] Tobler F., Über die Brauchbarkeit von Mangin's Rutheniumrot als Reagens für Pektinstoffe (Zeitschr. f. wiss. Mikrosk., Bd. XXIII, p. 182, 1906), zit. nach dem Ref. v. Freund (Bot. Zentralbl., Bd. CIV, 1906, p. 672).

Fällen vor, wo Auflösung von oxalsaurem Kalk in der Pflanze beobachtet wurde; in der jüngst erschienenen Abhandlung von Massopust[1] findet sich eine Zusammenstellung dieser Fälle vor, daraus sei nur hervorgehoben, daß nach Mikosch[2] das Verschwinden des Kalkoxalates in gummibildenden Rinden der Amygdaleen in einer Beziehung zur Gummibildung stehen soll.

Aber wo der Ausgangspunkt dieses lysigenen Prozesses ist, wo die Gummosis zuerst einsetzt, um von hier immer weiter um sich zu greifen, bis es schließlich zur Ausbildung jener gewaltigen Gummiherde kommt, darüber bot die Untersuchung eines älteren Exemplares von *Guzmannia Zahnii* nur wenig Anhaltspunkte; erst als ein Seitensproß daraufhin geprüft wurde, kam Klarheit in diese Frage; denn die Gummiräume werden wenigstens zum Teil schon in der ganz jungen Pflanze angelegt; auf Radialschnitten erblickt man von unten gegen den Vegetationspunkt fortschreitend immer jüngere Gummiräume, welche in ihrer Ausdehnung stetig abnehmend zu oberst nur mehr dadurch kenntlich sind, daß die Zellen an diesen Stellen von luftführenden Interzellularen frei sind und infolgedessen sich hell von dem übrigen luftführenden und daher schwärzlichgrau erscheinenden Rindengewebe abheben. Färbt man einen solchen Schnitt mit Rutheniumrot aus, so zeigt sich, daß nur die tiefer gelegenen Räume Gummi enthalten, während die höchst gelegenen keines führen. Die Entwicklung eines Gummiraumes nun scheint sich auf folgende Weise zu vollziehen. Die jüngsten zu oberst befindlichen Räume, welche sehr klein sind und noch kein Gummi enthalten, stellen den Anfang zu den später oft so groß werdenden und mit Gummi vollgepfropften Höhlungen vor und scheinen auf schizogene Weise durch Auseinanderweichen der Zellwände gebildet worden zu sein. Die Ursache ihrer Bildung ist mir nicht bekannt, vielleicht könnte man sie auf eine unregelmäßige Tätigkeit des primären Meristems zurückführen, um so mehr als diese Hohlräume oft sehr nahe daran liegen (Fig. 12, Taf. III); die

---

[1] Massopust Br., Über die Lebensdauer des Markes etc. Sitzungsber. d. d. nat. med. Ver. f. Böhmen »Lotos«, 1906. Nr. 7 u. 8, p. 11.

[2] Mikosch K., l. c., p. 949.

angrenzenden, hier noch jungen Zellen wölben sich in den Raum thyllenartig vor und können sich auch teilen; so machen sie ganz den Eindruck, als wollten sie den entstandenen Hohlraum ausfüllen (Fig. 18, Taf. III); fast gleichzeitig hiemit setzt nun auch die Gummibildung ein; in den Membranen der umgebenden Zellen treten knotenartige Verbreiterungen auf, den die Wandung des Raumes bildenden Zellen lagert sich Gummi auf, es quillt ganz bedeutend, bis schließlich der ganze Raum mit Gummi erfüllt ist. Mit der Gummibildung hat natürlich der lysigene Prozeß eingesetzt, der schließlich die Entstehung der großen Gummiräume bedingt. So scheint es also, daß wenigstens ein Teil der Gummiherde einer schizolysigenen Bildungsweise sein Dasein verdankt. Schizolysigene Exkretbehälter sind schon öfter beobachtet worden; der Ausdruck stammt von Tschirch,[1] der unter diesem Namen alle Exkretbehälter zusammenfaßt, «die dadurch entstehen, daß zunächst ein schizogener Kanal erzeugt wird und die Randpartie desselben nach und nach aufgelöst wird.« Und jüngst hat Mikosch[2] gezeigt, daß der häufigere Fall bei der Entstehung des Kirschgummi ein schizolysigener Vorgang sei.

Wie eben geschildert wurde, werden bei *Guzmannia Zahnii* — und ähnliches sah ich auch bei *Aechmea Pineliana* — Gummiräume schon in ganz jungen Sprossen angelegt; damit soll aber durchaus nicht gesagt sein, daß nicht auch in älteren Entwicklungsstadien von Bromeliaceen solche entstehen. Schon bei *Guzmannia Zahnii* waren an einer Stelle im Zentralzylinder die Interzellularräume von gelblichem Gummi erfüllt, so daß dadurch das Gewebe an dieser Stelle einen kollenchymatischen Charakter erhielt. Dieses »Gummikollenchym« gewährt ein ähnliches Bild, wie es Molisch[3] bei *Saccharum officinarum* sah, wo die sonst luftführenden Interzellularräume der Umgebung einer Schnittfläche auf die Verwundung hin durch Gummi verstopft wurden; ich fand es ferner noch bei zahlreichen anderen Bromeliaceen im Rindenparenchym des

[1] Tschirch A., Angewandte Pflanzenanatomie, 1889, I. Bd., p. 517.

[2] Mikosch K., l. c., p. 934.

[3] Molisch H., Zur Kenntnis der Thyllen etc. Diese Sitzungsberichte, Bd. XCVII, Abt. I, Juni 1888, p. 264.

Stammes, so bei *Aechmea fulgens* var. *discolor*, *Billbergia Windi*, *Billbergia nutans*, *Pitcairnia Roezlii*, *Aregelia Laurentii*, ganz besonders schön aber bei *Aechmea miniata* var. *discolor* (Fig. 19, Taf. III); setzt man einem solchen Schnitt Alkohol zu, dann schrumpfen die gummierfüllten Zwischenzellräume infolge der Kontraktion ihres Inhaltes sichtlich zusammen, daraus geht hervor, daß durch die Imbibition des Gummi die Interzellularen erweitert werden; wie aus derselben Abbildung ersichtlich, können zwei benachbarte Interzellularen dadurch, daß die Mittellamelle der sie trennenden Wand verquillt und diese in der Mitte infolgedessen auseinanderweicht, ihren Inhalt vereinigen; schreitet diese Art der Gummosis weiter fort, so erscheint schließlich das ganze Gewebe gelockert, förmlich mazeriert und die Lumina der Zellen auseinandergerückt (*Aechmea fulgens* var. *discolor*) oder aber erweitert sich die Membran bandartig, z. B. bei *Aechmea Pineliana* (Fig. 16, Taf. III), *Vriesea splendens*. Nicht selten quellen in den Interzellularen Tröpfchen aus der Wand hervor (Fig. 20, Taf. III) und dieser Vorgang erinnert an das von Molisch[1] beschriebene Verhalten von Parenchymzellen aus einem verletzten Stengel von *Canna indica*, wo in die Interzellularräume gummiartige Tröpfchen ausgeschieden werden. Bisweilen sitzen der Membran der thyllenartig vorwachsenden Zellen mehr minder gewölbte Kappen von Gummi auf (*Aechmea Pineliana*, *Billbergia Windi*), was jedenfalls damit zusammenhängen dürfte, daß auch diese Zellen der Gummosis anheimfallen können. Auch »Thyllen« welche ihre Wände sklerenchymatisch verdickt hatten, sah ich in Auflösung, wo sich besonders deutlich der allmähliche Übergang der Membran in Gummi beobachten ließ (Fig. 15, Taf. III). Die Gummibildung im Blatte von *Pitcairnia Roezlii* scheint sich in derselben Weise wie im Stamme zu vollziehen; Fig. 22, Taf. III zeigt ganze Zellreihen durch das dazwischen liegende Gummi auseinander geschoben.

Im Laufe dieser meiner Untersuchungen junger und ausgewachsener Bromeliaceen bin ich zu der Meinung gelangt,

[1] Molisch H., l. c., 1888, p. 292.

daß die Gummosis die erste sichtbare Veränderung in der primären Membran der von ihr befallenen Zellen hervorruft, indem diese zuerst verquillt; gestützt wird diese zunächst nur auf Grund der anatomischen Verhältnisse gebildete Anschauung auch durch die intensive Färbbarkeit des Bromeliaceengummi mit Rutheniumrot, besonders in seinen ersten Entwicklungsstadien, weil dieser Farbstoff, wie bereits dargelegt wurde, im allgemeinen die von Pektinstoffen sich ableitenden Umwandlungsprodukte färbt und gerade die Mittellamelle aus Pektinverbindungen besteht. Allmählich wird die ganze Membran aufgelöst, welche man öfter, obwohl stark verquollen, im Gummi eben noch erkennen kann; meiner Ansicht nach schreitet also die Umwandlung der Membran in Gummi von außen nach innen vor, ähnlich wie z. B. beim Gummi arabicum nach den Forschungen von Wigand[1] und Möller,[2] welche allerdings nicht ohne Widerspruch geblieben sind. Irgend welche sichtbaren Veränderungen im Zellinhalt, die darauf deuten würden, daß das Gummi zunächst von der lebenden Substanz der Zelle gebildet wird, so wie es jüngst erst Mikosch[3] für die Kirschgummibildung angibt, habe ich nicht beobachten können.

Selbstverständlich ist die Metamorphose der Membran auch von einer solchen des Zellinhaltes mit seinen Inhaltskörpern, den Stärkekörnern, begleitet. Merkwürdigerweise fanden sich niemals Stärkekörner, bei denen die Reaktion mit Jod versagt hätte; stets trat nach Zusatz von Jod die intensive Schwarzblaufärbung ein, mochten sie auch einer mitten im Gummi gelegenen Zelle angehören; höchstens hatte es den Anschein, als ob die in unmittelbarer Nähe des Gummiraumes liegenden Stärkekörner kleiner als die entfernteren wären: vielleicht geht die Auflösung der Stärkekörner ohne vorhergehende chemische Umwandlung des ganzen Kornes partiell vor sich. Aus diesen Angaben scheint zur Genüge hervorzugehen, daß das bei Bromeliaceen vorkommende Gummi

[1] Wigand A., l. c., p. 143 ff.

[2] Möller J., Über die Entstehung des Acaciengummi. Diese Sitzungsberichte, LXXII. Bd., I. Abt., Jahrg. 1875, p. 219.

[3] Mikosch, l. c., p. 932.

seine Entstehung hauptsächlich der Membranmetamorphose verdankt, daß es also vorwiegend Membrangummi[1] ist. Die Annahme einer Zuwanderung von Nahrungssäften zu den Orten der Gummibildung, wie sie bei den Amygdaleen gemacht wurde, da man sich sonst die dort enorme Masse des zutage tretenden Gummi nicht erklären könnte, ist in den von mir gesehenen Fällen unnötig; einmal ergab die anatomische Untersuchung keine Anhaltspunkte hierfür, andrerseits erklärt sich die verhältnismäßig bedeutende Größe der hervorgequollenen Gummimassen durch den hohen Gehalt an Quellungswasser: läßt man sie eintrocknen, so ist man erstaunt über die winzige Menge der zurückbleibenden Trockensubstanz, für deren Entstehung die geschilderte Art der Gummibildung wohl ausreichen dürfte.

Disposition gewisser Gewebselemente zur Gummibildung. Manche Gewebselemente — so scheint es wenigstens — sind in hohem Grade zur Gummosis disponiert, hierher gehört in erster Linie die p. 1039 beschriebene, der Epidermis der in der Stammrinde verlaufenden Wurzel aufgelagerte, weißglänzende Schicht; schon ihre Entstehungsweise — sie ist ja durch teilweise Auflösung der beim Durchbruch der Wurzel beiseite geschobenen Zellen entstanden — macht ihre Neigung zum Übergang in Gummi begreiflich; so kann man häufig bemerken, daß sie sich bedeutend erweitert, indem sie verquillt; mit Rutheniumrot färbt sie sich intensiv aus, schließlich können sich die angrenzenden Zellen der Wurzelrinde thyllenartig in das Gummi vorwölben, wie es schon an anderer Stelle besprochen worden ist (Fig. 14, Taf. III). Schreitet die Gummosis noch weiter fort, dann wird oft das ganze Gewebe um die Wurzel herum aufgelöst und sie erscheint in dem Gummi förmlich eingebettet.

---

[1] Diese Bezeichnung hat zuerst Tschirch (Ber. d. d. bot. Ges., 1888, p. 3) gebraucht und an die Stelle der von ihm früher verwendeten Benennung »pathologisches Gummi« gesetzt; dieser letztere Ausdruck soll nach ihm nur für das bei Verwundungen auftretende Gummi gebraucht werden. Zu diesen Gummiarten stellt Tschirch das »physiologische oder Schutzgummi« in Gegensatz.

Hier sollen dann auch noch merkwürdige Veränderungen der raphidenhältigen Schleimzellen bei gewissen Bromeliaceen beschrieben werden, die sicherlich mit der Gummibildung zusammenhängen und darauf zu deuten scheinen, daß auch diese Zellen gelegentlich leichter und rascher in Gummi übergehen als das umgebende Gewebe. Bei *Guzmannia Zahnii* (Fig. 11, Taf. II) fand ich allerdings sehr selten solche Zellen; sie sind mit einer dunkelbraunen anscheinend gummösen Masse — sie färbte sich mit Rutheniumrot intensiv — erfüllt, der die Raphiden eingebettet sind; ihre weißglänzenden Querschnitte bilden ein leuchtendes Mosaik, das einem Facettenauge vergleichbar von dem dunklen Untergrund in wirkungsvoller Weise sich abhebt; noch schöner gestaltet sich dieser Anblick im polarisierten Licht; manchmal erschienen mir die in solchen Zellen gelegenen Raphiden korrodiert, vielleicht gingen sie ihrer Auflösung entgegen. In ähnlicher Weise verändert und auch häufiger sah ich derartige Raphidenzellen bei *Aregelia Laurentii* (Fig. 9, Taf. II); diese hier besonders durch ihre Größe auffallenden Zellen waren von mächtig gequollenem Gummi fast ganz erfüllt, nur in der Mitte befand sich ein von einer dünnen Haut ausgekleideter Spalt vor, in dem sich jedenfalls die Raphiden, die entweder beim Schnitt herausgefallen oder vielleicht schon vorher aufgelöst worden waren, befunden hatten; mit Rutheniumrot erhält diese Gummimasse eine brillante Färbung, bei Zusatz von Alkohol zieht sie sich, stark geschrumpft, an die Wand der umliegenden Zellen zurück, die den Spalt auskleidende Membran zurücklassend. Bei *Billbergia Windi* und *Billbergia nutans* beobachtete ich Ähnliches. Zuletzt möge noch ein derartiger Fall bei *Aechmea miniata* var. *discolor* zur Sprache kommen (Fig. 23, Taf. III); er betrifft eine Raphidenzelle, die in dem bereits beschriebenen »Gummikollenchym« im äußeren Teil der Stammrinde lag, an einer Stelle, wo ein geringer Gummiaustritt erfolgt war; auch hier ist deren Lumen mit gelb gefärbtem Gummi erfüllt, in dessen Mitte das quergeschnittene Raphidenbündel eingebettet liegt; die umliegenden Zellen sind merkwürdigerweise in phellogenartige Teilungen eingegangen, was später noch zur Sprache kommen soll.

Versuch einer Erklärung des Gummiflusses bei Bromeliaceen.

Mannigfache Umstände weisen darauf hin, daß das Gummi in den von ihm voll gefüllten Höhlungen gegen die Wand einen anscheinend nicht unbeträchtlichen Druck ausübt, dem natürlich auch ein Gegendruck der Wandung auf den gummösen Inhalt entspricht; so kann man des öftern bemerken, daß die an Räume solcher Art grenzenden Zellen in tangentialer Richtung zum Gummiraum gepreßt erscheinen, ja manchmal treten in einzelnen von ihnen tangentiale Teilungen auf und es macht ganz den Eindruck, als ob die Zellen, dem auf ihnen lastenden Drucke nachgebend, sich geteilt hätten, um sich von der ihnen unangenehmen Spannung zu befreien. Aber auch auf andere Weise gelingt es, sich von dem in den Gummiräumen herrschenden Drucke zu überzeugen, man braucht einfach den Stamm z. B. von *Aechmea Pineliana* mit einem Messer anzustechen; alsdann dauert es nicht lange und das Gummi kommt bisweilen in Form einer in die Länge gezogenen, gewundenen Masse ähnlich den in Handel kommenden Tragantstücken hervor; auch sonst beim Abschneiden eines Seitensprosses von der Mutterpflanze quellen aus der Schnittfläche hellglänzende Gummitröpfchen hervor, weil eben der früher allseits gedrückte Inhalt des Gummiraumes eine einseitige Druckentlastung erfährt. Dieser so sich äußernde Druck kann wohl nur auf die Quellung des in den Höhlungen befindlichen Gummi zurückgeführt werden, welches das Bestreben hat, einen größeren als den ihm zu Gebote stehenden Raum auszufüllen. Das Vorhandensein dieses Quellungsdruckes, sowie die Tatsache, daß Gummiräume oft nahe der Oberfläche des Stammes, nur wenige Zellreihen von ihr getrennt liegen können, sind zwei Faktoren, die das Eintreten des Gummiflusses sicherlich sehr begünstigen, ja vielleicht in manchen Fällen an und für sich ausreichen dürften, es vollauf zu erklären.

Der Gummifluß kann durch äußere Eingriffe hervorgerufen werden, indem eine hierzu geeignete Bromeliacee durch einen Stich in den Stamm verletzt wird. Der hierauf erfolgende Austritt des Gummi ist in diesem Falle nicht etwa in einer physiologischen Reaktion der Pflanze auf die Verwundung hin

begründet, wie z. B. beim Kirschgummi, sondern erfolgt rein mechanisch, indem durch den Stichkanal ein oder mehrere Gummiräume eröffnet werden. Sehr reichlicher Gummifluß trat einmal an einigen Exemplaren von *Guzmannia Zahnii* ein, als diese umgepflanzt und ihnen hierbei die untersten, schon ganz vertrockneten Blätter abgerissen wurden; hierdurch wurden zahlreiche Gummiräume bloßgelegt, aus denen sich dann der gummöse Inhalt nach außen ergoß. So dürfte sich eine ziemliche Zahl von Gummiflüssen, die ich bei Bromeliaceen gesehen habe, auf äußere mechanische Insulte zurückführen. Bezüglich dessen, daß auch an den natürlichen Standorten der Bromeliaceen oft Eingriffe von außen den Gummifluß veranlassen dürften, braucht nur an die *Castnia*-Raupe erinnert werden, die nach Leybold[1] »sich gleich nach dem Auskriechen in das Innere der bromeliaähnlichen Pflanze einbohrt, nach auf- und abwärts Gänge baut, worauf der Ausfluß des Gummi erfolgt«. Wiesner[2] äußert, auf die von Mez[3] gemachte Beobachtung von lysigenen Gummiräumen im Zentralzylinder von *Puya (Pourretia)* sich stützend, die sehr treffende Vermutung, »daß der Angriff durch die Raupe die Gummibildung nur begünstige«. Vielleicht kommt der *Castnia*-Raupe unwillkürlich die Rolle zu, dem schon gebildeten Gummi den Weg nach außen zu bahnen. Aber auch im Inneren der Pflanze sich abspielende Vorgänge können den Austritt von Gummi aus der Pflanze nach sich ziehen; wie oben bereits mitgeteilt wurde, kommt es öfter vor, daß Gummiräume in der Rinde eine durch sie wachsende Wurzel ganz umkleiden können; wo dann deren Durchbruch nach außen erfolgt, kann leicht auch das sie begleitende Gummi austreten; und endlich könnte man sich in gewissen Fällen das Zustandekommen des Gummiflusses auch so vorstellen, daß in den peripher gelegenen Gummiräumen durch Quellung des reichlich erzeugten Gummi ein solcher Druck erzeugt wird, daß das über ihnen gelegene

[1] Leybold, Zeitschr. d. allg. öst. Apothekerver., 1871, p. 372, zit. nach Wiesner, Rohstoffe, l. c., p. 123.

[2] Wiesner J., Rohstoffe, l. c., p. 124.

[3] Mez C., l. c., p. LII.

Gewebe zerreißt und so dem Gummi der Weg nach außen geschaffen wird.

In allen diesen Fällen quillt das ausgetretene Gummi noch mehr, wohl bis zur äußersten Grenze seiner Quellungsfähigkeit, denn die Bedingungen hierzu (feuchte Luft des Glashauses, häufiges Gießen) sind vorhanden und auf diese Weise dürfte es zur Bildung jener Gummimassen kommen, wie sie die Abbildung (Fig. 7, Taf. II) zeigt.

Untersucht man nach einiger Zeit jene Stellen, wo ein Austritt des Gummi erfolgt ist, so findet man die Reste der offenen Gummiräume, die ihren Inhalt größtenteils nach außen entleert haben, mit dem sie umgebenden Rindenparenchym durch eine wohl entwickelte Peridermschichte von der übrigen Pflanze getrennt; diese Tatsache stimmt auch mit den sonst bei Pflanzen gemachten Erfahrungen überein; denn die hier durch den Gummifluß verursachte Blöße muß eben durch die Bildung von Kork unschädlich gemacht werden; solchen Wundkork fand ich bei *Aechmea Pineliana, Pitcairnia Roezlii* u. a.

Ist die Gummibildung ein normaler oder pathologischer Prozeß?

Diese Frage ließe sich mit Sicherheit eigentlich nur am Standort der betreffenden Bromeliacee beantworten; man brauchte einfach eine genügend große Zahl von Pflanzen derselben Art, bei der man Gummibildung beobachtet hat, auf ihr Vorhandensein untersuchen; würde es sich herausstellen, daß es hier in ähnlicher Weise wie bei der Kirsche oder *Acacia Senegal*,[1] der Stammpflanze des arabischen Gummi, Pflanzen gibt, die keine Spur von Gummi besitzen, dann hätte man es zweifellos mit einem pathologischen Prozeß zu tun. Allein ich mußte mich darauf beschränken, ähnliche Versuche, und diese auch nur in den allerbescheidensten Grenzen auszuführen, indem ich mir Exemplare, z. B. von *Guzmannia Zahnii* aus drei verschiedenen Gärtnereien Mitteleuropas senden ließ; aber

[1] Tschirch, l. c., p. 213.

alle zeigten stark entwickelte Gummiräume, nur bei zwei von verschiedenen Orten stammenden Stücken von *Vriesea splendens* konnte sich ein deutlicher Unterschied in der Intensität der Gummibildung feststellen lassen.

Abgesehen von diesen so ziemlich negativen Versuchen möchte ich dennoch aus folgenden Gründen zu der Ansicht neigen, daß der hier in Betracht kommende Prozeß ein pathologischer sei. Hierfür spricht zunächst die unregelmäßige Anordnung der Gummiräume und ihre sehr schwankende Zahl in den einzelnen Pflanzen; es gibt Bromeliaceen, die Gummi nur in Spuren bilden, die sich schwer auffinden lassen; in solchen Fällen kann man sich recht gut denken, daß gelegentlich diese spärliche Gummibildung auch gänzlich unterbleibt; ja bei *Aechmea miniata* var. *discolor* fand sich in der ganzen Pflanze ein einziger Gummiraum. Er zeigte eine Eigentümlichkeit, die als Hauptgrund für meine ausgesprochene Vermutung, daß die Gummibildung pathologisch sei, hingestellt sein möge; wie Fig. 10, Taf. II, zeigt, ist der hier abgebildete, in Wirklichkeit mit braunem Gummi erfüllte Raum von einem typisch entwickelten Peridermmantel umgeben, der in der Weise entstanden ist, daß in den in den Gummiraum vorwachsenden »Thyllen« und in den angrenzenden Zellen Korkbildung eintrat. Die Pflanze schließt sich also in dem abgebildeten Falle gegen das Gummi ab, sie scheint sich vor der weiteren Ausbreitung der Gummosis schützen zu wollen, indem sie deren Bildungsherd im Keime zu ersticken sucht; es ist ihr das jedoch nicht vollständig gelungen, da die Gummosis auch über den gegen sie errichteten Schutzwall hinweg, das seitlich angrenzende Gewebe ergriffen hat, wo man einen mit farblosem Gummi erfüllten Raum *(gr)*, der seine lysigene Entstehungsweise deutlich bekundet, wahrnehmen kann. Dieselbe Erscheinung fand ich dann noch bei *Aechmea fulgens* var. *discolor* und *Guzmannia Zahnii*.[1] Von besonderem Interesse dürfte eine ebenfalls hierher gehörende an *Aechmea miniata* var. *discolor* gemachte Beobachtung sein, die

[1] Ähnlich deutet auch Mikosch (l. c., p. 948) das schon von Wigand (l. c., p. 132) beobachtete Auftreten von Periderm im Rindengewebe der Kirsche, wo ebenfalls die Pflanze zu ihrem Schutze gummöse Partien durch Korkbildung vom übrigen Gewebe abschließt.

darauf deutet, daß nicht nur schon fertige Gummiräume, sondern gelegentlich auch in Gummosis geratene raphidenhältige Schleimzellen vom übrigen Gewebe abgesondert werden. Fig. 23, Taf. III, stellt eine solche dar; die sie umlagernden Zellen gehen in phellogenartige Teilungen ein, wodurch augenscheinlich eine Isolation derselben bezweckt wird, weil vermutlich manchmal gerade solche Raphidenzellen wirksame Ausgangspunkte für die weitere Verbreitung der Gummosis darstellen. Wenn sich also die Pflanze gegen das Gummi abschließt, so scheint daraus klar hervorzugehen, daß die Gummibildung pathologisch ist und auf die Pflanze irgend einen schädigenden Einfluß ausübt. Vielleicht sind auch die Thyllenbildungen in den Gummiräumen so zu deuten, daß ihnen die Aufgabe zufällt, die Gummiräume zu verstopfen, was ihnen auch tatsächlich in mehreren von mir beobachteten Fällen vollständig gelungen ist (Fig. 8, Taf. II).

Was endlich die Ursache der Gummibildung sei, so kann ich darüber keinen Aufschluß geben, denn alle diesbezüglichen Versuche, Verwundungen, mannigfache Kulturmethoden (bestimmte Bodenmischungen, Wasserkulturen, Kulturen auf Kork) gaben keine brauchbaren Resultate; die verschiedenen Bromeliaceen zugefügten Stichwunden heilten durch Korkbildung aus und auch hinsichtlich der Gummibildung war trotz der verschiedenen Kulturarten kein Unterschied nachweisbar. Daß nach dieser Richtung die Untersuchungen keine Anhaltspunkte gaben, darf nicht wundernehmen, wenn man bedenkt, daß die Ursachen der schon so lang bekannten, leicht zugänglichen und schon so oft untersuchten Kirschgummibildung noch nicht völlig erkannt sind.

Gummöse Verstopfungen der Gefäßbündelemente.

Einer ungemein großen Verbreitung im Pflanzenreich erfreut sich die Erscheinung, daß Elemente der Gefäßbündel, hauptsächlich Gefäße, von Gummi, dem sogenannten Gefäßgummi verlegt werden. Für die Holzgewächse ist dies schon seit langer Zeit bekannt, für die krautigen Pflanzen von Molisch[1] festgestellt worden.

[1] Molisch, l. c., 1888, p. 289.

Auch die Bromeliaceen weisen ein solches Vorkommen des Gummi auf, und zwar in weit verbreitetem Maße; es fand sich, nur um einige Beispiele anzuführen bei *Guzmannia Zahnii*, *Guzmannia Peacockii*, *Ananas sativus*, *Aechmea fulgens* var. *discolor*, *Puya violacea*, *Pitcairnia Roezlii*, *Aregelia Laurentii* u. a. Besonders die Gefäße, aber auch die anderen Bestandteile des Fibrovasalstranges, auch die des Phloëms, sind mit Gummi erfüllt, mögen sie einem kollateralen Gefäßbündel des Stammes oder einem radiären der Wurzel angehören. Das Gummi ist meist von gelber oder brauner Farbe, auch farblos in dünnen Schnitten, manchmal zeigt es eine granulierte Struktur. Mit Rutheniumrot färbt es sich tiefrot und mit dem Millon'schen Reagens gibt es jene intensive Rotfärbung, die Krasser[1] für die Zellwände der Bromeliaceen festgestellt hat. Schon dieser Umstand deutet darauf hin, daß auch dieses Gummi seinen Ursprung von der Membran herleitet; und das bestätigt auch die anatomische Untersuchung. In einem mit Gummi erfüllten Gefäßbündel von *Ananas sativus* waren die Wände der einzelnen dasselbe zusammensetzenden Elemente derart resorbiert, daß sie kaum mehr erkennbar waren. In der Regel aber sind die Wände selbst intakt, so ist z. B. die schraubige Verdickung der mit Gummi erfüllten Gefäße meist vollständig erhalten. Hier muß eine Zuwanderung des Gummi aus der Umgebung des Gefäßbündels erfolgt sein und tatsächlich finden sich in ihr auf Gummibildung deutende Veränderungen mannigfacher Art, hauptsächlich Verbreiterungen der Membran; aus zahlreichen diesbezüglichen Beobachtungen mögen nur zwei in den Fig. 17, 21, Taf. III, wiedergegeben werden, wo die Gummibildung von der Membran, und zwar aller Wahrscheinlichkeit nach von der Mittellamelle ausgeht. Manchmal endlich scheint jedoch die Umgebung solcher gummiführender Gefäßbündel vollständig frei von Gummibildung zu sein; hier dürfte die Annahme berechtigt erscheinen, daß sich das Gummi innerhalb der Gefäße verschieben kann, eine Annahme, die dadurch

---

[1] Krasser F., Untersuchungen über das Vorkommen von Eiweiß in der pflanzlichen Zellhaut etc. (Diese Sitzungsberichte, Wien, XCIV. Bd., I. Abt., 1886, p. 148 ff).

gestützt wird, daß die Gefäße oft auf weite Strecken hin mit Gummi erfüllt sind und daß sich eine Verbindung des gummösen Inhaltes der Gefäße der Wurzel mit denen des Stammes nachweisen ließ.

Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

1. Molisch machte an der in unseren Glashäusern des öfteren kultivierten Bromeliacee, *Guzmannia Zahnii*, die Beobachtung, daß aus ihrem Stamme bisweilen größere Gummiballen heraustreten. Dieser »Gummifluß« konnte noch bei 15 anderen Bromeliaceenarten festgestellt werden. Das ausgetretene Gummi stammt aus Gummiräumen, welche ihren Hauptsitz im Parenchym des Stammes und hier wieder hauptsächlich in der Rinde haben, wie sie schon Mez bei zahlreichen Bromeliaceen gefunden hat. Nur bei *Pitcairnia Roezlii* konnte Gummibildung im untersten Teile der Blätter beobachtet werden. Unter den physikalischen und chemischen Eigenschaften des in den Gummiräumen vorhandenen Gummi sei seine Färbbarkeit mit Mangin's Rutheniumrot hervorgehoben, die sowohl der Untersuchung der ersten Entwicklungsstadien zustatten kommt, als auch einen Hinweis auf seine Abstammung zu bieten scheint. Das Gummi bei *Quesnelia roseo-marginata* färbte sich auf Zusatz von Jod grün. Ein auffallendes Verhalten zeigen die die Gummiräume auskleidenden Wandzellen, welche thyllenartig in die Gummimasse hineinwachsen und in manchen Fällen den Gummiraum ausfüllen können. Die meisten Gummiräume bekunden eine lysigene Entstehung, die auch Mez ihnen zuspricht; ein Teil dürfte aber auch auf schizolysigene Weise entstanden sein. Das Gummi leitet sich in erster Linie von der Membran ab, wie es auch Hartwich auf Grund der Untersuchung des Chagualgummi annahm, und zwar scheint in ihr die Gummosis von außen nach innen vorzuschreiten; aber auch der Zellinhalt nimmt Anteil an der Bildung des Gummi. Gewisse Gewebselemente, so z. B. jene Schichte, welche die durch die Stammrinde wachsende Wurzel umkleidet, ferner raphidenhältige Schleimzellen mancher Bromeliaceen sind für die Gummosis anscheinend besonders disponiert. Der Gummifluß kann künstlich hervorgerufen werden,

aber auch auf natürliche Weise zustande kommen; für seine Erklärung ist von besonderer Wichtigkeit der in den Gummiräumen herrschende Druck, der sich in mehrfacher Beziehung äußert. Die Gummibildung dürfte als pathologischer Vorgang angesehen werden, ihre Ursache ist unbekannt Auch bei Bromeliaceen werden häufig die Elemente der Fibrovasalstränge mit Gummi verlegt, das bei Behandlung mit dem Millon'schen Reagens die von Krasser an den Zellmembranen der Bromeliaceen beobachtete Rotfärbung annimmt.

2. Im Stamme der Bromeliaceen sieht man mit mehr minder großer Deutlichkeit an der Grenze zwischen Zentralzylinder und Rinde eine ringförmige meristematische Zone, in der meist tangentiale Teilungswände und Gefäßbündelanlagen auftreten; dieses Meristem hat in den unteren Partien des Stammes die Form eines Zylindermantels, höher aber verläuft es, einen Kegelmantel bildend, bis unmittelbar in den Vegetationspunkt. Dieser Umstand, daß es sich stets bis in den Stammscheitel verfolgen läßt, sowie die Beobachtung, daß es sich in der ganz jungen Pflanze nur auf ein kurzes Stengelstück unterhalb des Vegetationspunktes erstreckt und mit zunehmendem Alter der Pflanze an Ausdehnung beträchtlich gewinnt, weisen darauf hin, daß dieses Meristem primärer Natur ist, da es sich direkt aus dem Urmeristem des Stammscheitels ableitet. Dadurch erscheinen die Bromeliaceen zu jener Gruppe von Monokotylen gestellt, deren Stamm durch die Tätigkeit eines in der Stammspitze befindlichen kambialen Kegelmantels zu einem vorübergehenden primären Dickenwachstum befähigt wird. Auffallend sind an ihm zwei primären Meristemen in der Regel nicht zukommende Eigenschaften, seine jahrelang andauernde Tätigkeit, welche erst mit der Blütenbildung ihr völliges Ende erreicht und sein verhältnismäßig tiefes Herabreichen im Stamme.

3. In den Parenchymzellen des Stammes von *Aechmea Pineliana* tritt nach Behandlung mit Chlorzink-Jod eine intensiv blaugefärbte Fällung auf, die von einem gerbstoffartigen, in diesen Zellen gelösten Stoff von gelber Farbe herrühren dürfte. Ferner wurde noch ein zweiter unbekannter Stoff bei *Aechmea Pineliana* aufgefunden, der in Form von braunen Krystallsphäriten postmortal im Parenchym ausfällt.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Fig. 1 bis 4. Querschnitte durch den mittleren Teil des Stammes von *Aechmea Pineliana*. Vergrößerung zirka 340.

Fig. 1. Ein Teil aus der an der Grenze zwischen Zentralzylinder und Rinde gelegenen, meristematischen Ringzone mit zahlreichen tangentialen Teilungen, und zwei Gefäßbündelanlagen (Text p. 1042).

Fig. 2, 3, 4. Verschiedene Entwicklungstadien eines Fibrovasalstranges (Text p. 1043).

Fig. 5. Radialer Längsschnitt durch den Stamm von *Aechmea Pineliana* in natürlicher Größe. Die Buchstaben *(a, b, c, d)* bezeichnen die Lage der im Texte p. 1049 beschriebenen Querschnitte durch den Stamm; *bl* Ansatzstellen der Blätter, *r* Rinde, *cc* Zentralzylinder des Stammes, *w* Wurzelquerschnitt.

Tafel II.

Fig. 6. Ein Gummiraum von *Guzmannia Zahnii*, in den die Nachbarzellen thyllenartig vorwachsen, im Tangentialschnitt. Vergrößerung 45 (Text p. 1062).

Fig. 7. Ausgeflossene Gummimassen *(gm)* am Grunde des Stammes von *Guzmannia Zahnii* (Text p. 1033).

Fig. 8. Ein mit thyllenähnlichem Parenchym ganz ausgefüllter Gummiraum von *Guzmannia Zahnii*. Tangentialschnitt. Vergrößerung 50 (Text p. 1062).

Fig. 9. Mit gequollenem farblosem Gummi erfüllte Schleimzelle im Stamme von *Aregelia Laurentii*; in dem in ihrer Mitte sichtbaren Spalt befand sich ein Raphidenbündel. Querschnitt. Vergrößerung 230 (Text p. 1070).

Fig. 10. Ein Gummiherd, von einem Peridermmantel umgeben, in der Rinde des Stammes von *Aechmea miniata* var. *discolor*, quergeschnitten; *gr* ein mit farblosem Gummi erfüllter Raum außerhalb des Periderms. Vergrößerung 35 (Text p. 1074).

Fig. 11. Mit braunem Gummi erfüllte raphidenhältige Schleimzelle im Stamme von *Guzmannia Zahnii*. Querschnitt. Vergrößerung 250 (Text p. 1070).

Tafel III.

Fig. 12 und 18. Schizogene Entstehung eines Gummiraumes im oberen Teil des Stammes eines jungen Seitensprosses von *Guzmannia Zahnii*. Radialschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1065, 1066).

Fig. 12. Ein anscheinend schizogen entstandener Raum in nächster Nähe des primären Meristems *(m)*.

Fig. 18. Ein noch sehr junger, aber bereits Gummi enthaltender Raum.

Fig. 13. Gummiraum, in den fadenartige Thyllenbildungen hineinragen, in der Rinde des Stammes von *Guzmannia Zahnii*. Querschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1061).

Fig. 14. Gummosis der eine rindenläufige Wurzel im Stamme umkleidenden Schicht, in die sich die angrenzenden Zellen der Wurzelrinde thyllenartig vorwölben, bei *Pitcairnia Roezlii*. Querschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1069).

Fig. 15. Ein Gummiraum im Zentralzylinder des Stammes von *Aechmea Pineliana*, in dem die thyllenartigen Bildungen allmählich in Gummi übergehen. Querschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1067).

Fig. 16. Bandartige Verbreiterungen der gummösen Membran aus einem Längsschnitt durch einen jungen Seitensproß von *Aechmea Pineliana*. Vergrößerung 340 (Text p. 1067).

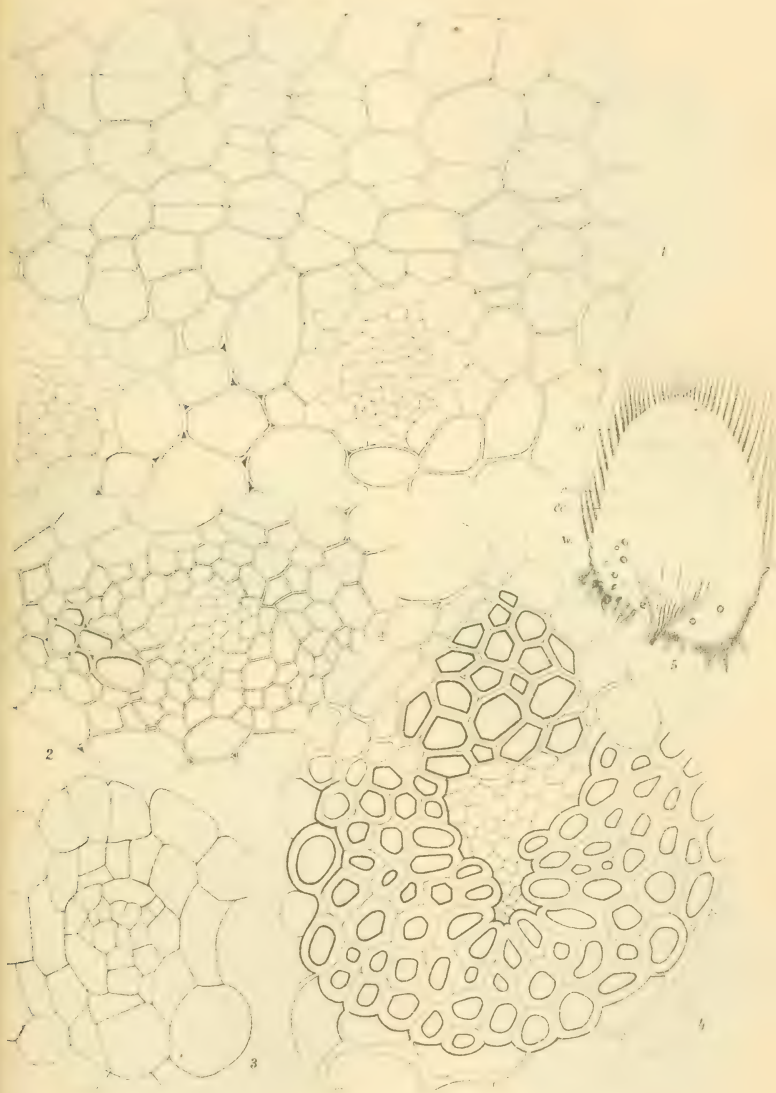
Fig. 17 und 21. Gummöse, vermutlich von der Mittellamelle ausgehende Erweiterung der Membran im untersten Teile des Stammes von *Guzmannia Zahnii* in der Nähe eines Gefäßbündels. Längsschnitt. Vergrößerung 560 (Text p. 1076).

Fig. 19. Kollenchymartige Ausfüllung von Interzellularen mit Gummi im Rindenparenchym des Stammes von *Aechmea miniata* var. *discolor*. Querschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1067).

Fig. 20. Gummitröpfchen im Stammparenchym von *Aechmea Pineliana*. Vergrößerung 340 (Text p. 1067).

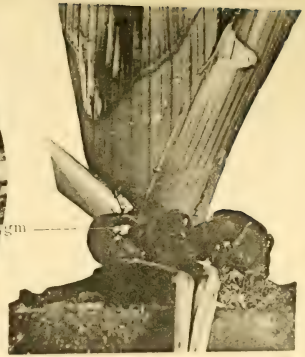
Fig. 22. Gummibildung im Blattparenchym von *Pitcairnia Roezlii*. Radialschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1067).

Fig. 23. Gummöse raphidenführende Schleimzelle, umgeben von Zellen mit phellogenartigen Teilungen in der Rinde des Stammes von *Aechmea miniata* var. *discolor*. Querschnitt. Vergrößerung 340 (Text p. 1070, 1075).



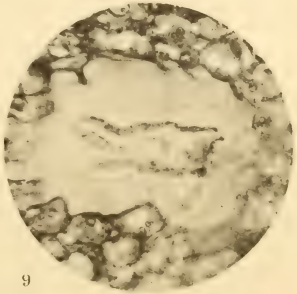
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

6

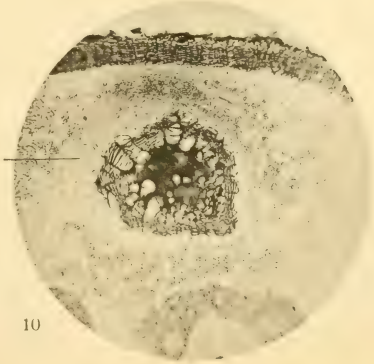


7

8



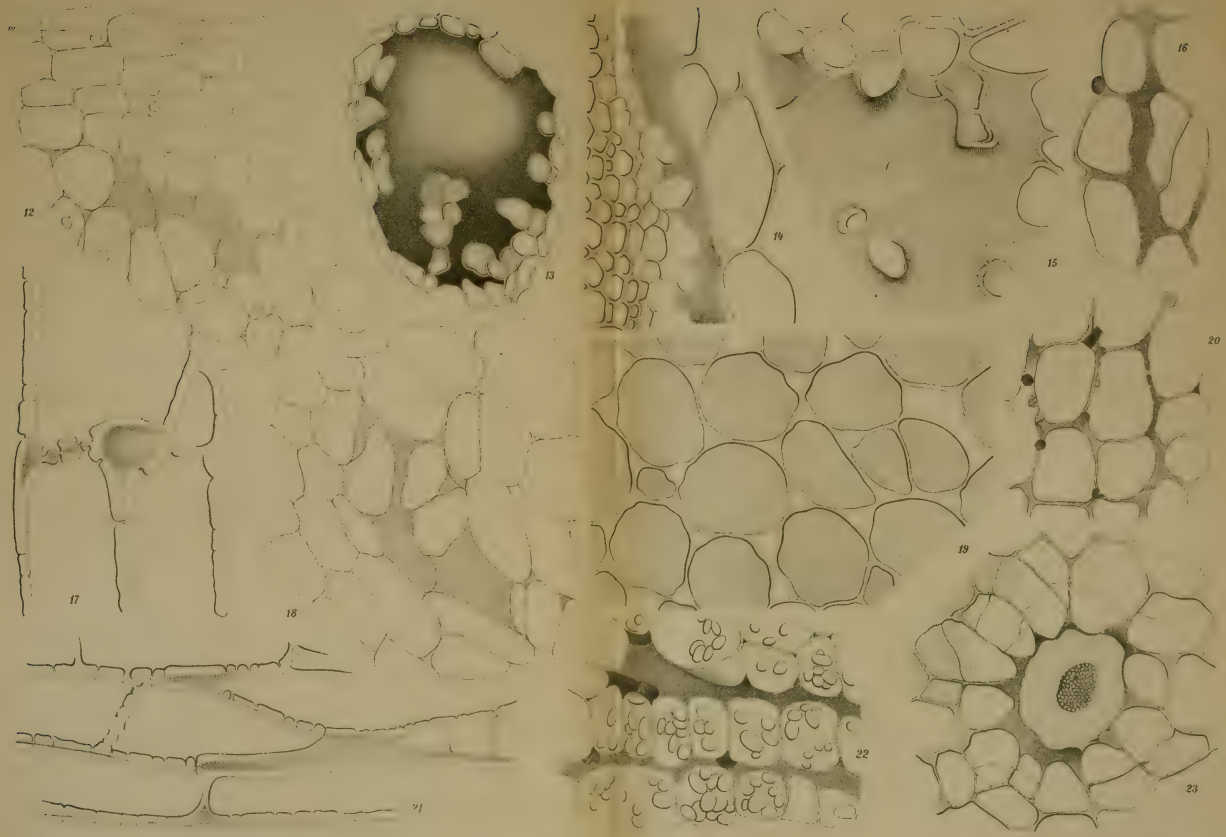
9



10

11

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.



Author phot.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII, Abth. I, 1908.

Beiträge zur Kenntnis der Corticieen

(III. Mitteilung)

von

Prof. Dr. **Franz v. Höhnel,**

k. M. k. Akad.,

und

Viktor Litschauer,

Assistenten an der k. k. Technischen Hochschule in Wien.

(Mit 10 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Oktober 1908.)

I. Revision verschiedener Corticieen an der Hand von Originalexemplaren.

Corticium (Peniophora) Allescheri Bres., Fungi Trid., II, p. 62, t. CLXXII (*Kneiffia Allescheri* Bres., Fungi polon., p. 100; *Peniophora Allescheri* (Bres.) Sacc. et Syd., Saccardo, Syll., XVI, p. 194).

Ein Bresadola'sches Originalexemplar dieser Art, welches genau untersucht wurde, zeigte zum Teil *Peniophora cremea* (Bres.) v. H. et L., zum Teil einen Pilz, auf welchen die Diagnose von *Corticium Allescheri* Bres. im großen und ganzen stimmt. Hinzuzufügen wäre nur folgendes: Die zylindrischen bis spindelförmigen, stumpfen, an und für sich dünnwandigen, jedoch stark inkrustierten, 30 bis 60 = 8 bis 10 μ großen Cystiden sind immer eingesenkt; die keulenförmigen, 8 bis 10 μ breiten Basidien tragen meist nur 2 Sterigmen, welche pfriemenförmig gebogen und an der Basis etwa 2 μ dick sind; die Sporen, besonders die größeren, haben meist eine keulige Gestalt und im subhymenialen Gewebe des Pilzes sind die Hyphen und die Räume zwischen den Hyphen mit einem intensiv goldgelben öligen Sekret ganz erfüllt. Wegen dieses öligen

Sekretes und des gleichzeitigen Vorhandenseins von *Peniophora*-Cystiden muß der Pilz wohl in die Gattung *Glocopeniophora* eingereiht werden und er hat daher *Glocopeniophora Allescheri* (Bres.) v. H. et L. zu heißen.

Corticium Eichlerianum Bres., Fungi polon., p. 95 (Saccardo, Syll. XVII, p. 173).

Das Originalexemplar dieser Art ist, wie die genaue Untersuchung ergab, nichts anderes als ein ganz altes verbleichtes Stück von *Peniophora velutina* (D. C.) v. H. et L. Cystiden sind allerdings nur spärlich vorhanden, aber das ganze Aussehen des Pilzes, ferner die Form und Größe der Sporen, die Ausbildung der Hyphen usw. sprechen unzweifelhaft für die Identität mit letzterer Art. *Corticium Eichlerianum* Bres. ist daher zu streichen.

Corticium frustulosum Bres., Fungi polon., p. 98.

Ist nach einem Originalexemplar identisch mit *Corticium flavescens* Bonorden sensu Fuckel. Schon der Vergleich der Diagnosen beider Pilze läßt dies erkennen.

Corticium flavescens Bres., Annal. Myc., 1905, p. 150.

Ist eine gute Art, muß aber umbenannt werden, da der Name schon von Bonorden verausgabt worden ist.

Corticium investiens (Schw.) Bres., Hym. Kmet., p. 46 (*Radulum investiens* Schw., Syn. North. Amer. Fung., Nr. 597!; *Corticium alutarium* Berk. et C., North. Americ. Fung. Nr. 283!). (Siehe auch Bres., Fungi polon., p. 95.)

Diese Art muß, wie die Untersuchung eines Bresadolaschen Exemplares des Pilzes gelehrt hat, in die Gattung *Asterostromella* v. H. et L. eingereiht werden. Der Pilz ist nicht nur äußerlich der *Asterostromella epiphylla* (Pers?) v. H. et L. sehr ähnlich, nur ist letztere Art etwas zarter, sondern er zeigt vor allem auch einen ganz analogen Bau. Nur sind bei ihm die eigentümlichen Cystiden größer und gröber, zum Teil auch etwas gelblich gefärbt, die Basidien dagegen schmäler und

und die Sporen im großen und ganzen kleiner. Im folgenden sei eine vollständige Diagnose des Pilzes gegeben.

Asterostromella investiens (Schw.) v. H. et L.

Syn.: *Radulum investiens* Schw., Syn. North. Amer. Fung., Nr. 597.
Corticium investiens (Schw.) Bres., Hym. Kmet., p. 46. Fungi polon., p. 95.
Corticium alutarium Berk. et C., North. Amer. Fung., Nr. 283!
Exs.: Brinkmann, Westf. Pilze, Nr. 58.

Pilz ausgebreitet, häutig, dem Substrate fest anhaftend, am Rande gleichartig oder etwas mehlig, von crèmegelber Färbung; Hymenium frisch fast wachsartig, trocken glatt, oft etwas flockig, im Alter nicht zerrissen, nicht geschlossen; aus Basidien und eigentümlichen, mehr oder weniger geweih- bis baumartig verzweigten Cystiden bestehend. Basidien zylindrisch bis schwach keulenförmig, 20 bis 30 μ lang, 4 bis 5 μ breit, sehr locker angeordnet, meist weit über die Cystiden, welche eine Art Filz bilden, hervorragend. Sterigmen vier, pfriemenförmig, gerade, 4 bis 5 μ lang. Sporen ausgesprochen keulenförmig, 7 bis 11 μ lang, 3 bis 4 μ breit, zartwandig, glatt, farblos mit gleichmäßigem Inhalt. Cystiden farblos, zum Teil jedoch hellgelb gefärbt; Hauptäste 1·5 bis 2·5 μ dick, mäßig dickwandig, glatt. Hyphen farblos, glatt, zartwandig, 2·3 μ dick mit Schnallen.

An morschem Laub- und Nadelholz, trockenen Blättern u. dgl.

Nordamerika, Polen, Westfalen.

Corticium jonides Bres., Jahresb. Westf. Prov., Verh. f. Wissenschaft und Kunst, XXVI (1898), p. 128; Saccardo, Syll., XVI, p. 192.

Diese Art wurde von Brinkmann in seinem Exsikkatwerk »Westfälische Pilze« in der Nr. 6 ausgegeben. Der Pilz dieses Exsikkates dürfte eine gute Art repräsentieren; diese ist am nächsten dem *C. confluens* Fries verwandt, unterscheidet sich von diesem hauptsächlich durch die Farbe, der Pilz ist nämlich frisch: lila bis amethystfarben, trocken: gelblich-

bis schmutzigbraun — und durch die Form der Sporen. Diese sind bei *C. confluens* Fries an beiden Seiten breit abgerundet, bei *C. jonides* Bres. dagegen immer an einer Seite deutlich verschmälert (siehe Fig. 1).

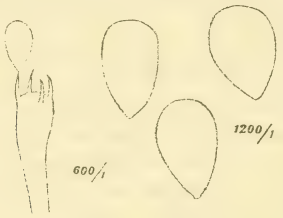


Fig. 1. *Corticium jonides* Bres.

Corticium lacunosum Berk. et Broome, British Fungi Nr. 1371 (Ann. et Mag. Nat. Hist., ser., IV, 11, 1873, p. 343); Fries, Hym. Eur., p. 661; Massee, Monogr. of the Theleph., I, p. 138; Saccardo, Syll., VI, p. 660 (sub *Hypochnus*).

Die Direktion des Hort. Bot. Reg. in Kew hat uns in liebenswürdiger Weise das Originalexemplar dieser Art zur Untersuchung überlassen. Dasselbe ist unzweifelhaft nichts anderes als ein altes, steriles Stück von *Peniophora byssoidea* (Pers.) v. H. et L. Hyphen, Basidien und Cystiden desselben stimmen nämlich vollständig mit jenen von sicheren Exemplaren der letzteren Art überein. Ältere Stücke dieser sind auch äußerlich dem englischen Original sehr ähnlich.

Corticium lacunosum B. et Br. hat daher als Synonym von *Peniophora byssoidea* (Pers.) v. H. et L. zu gelten.

Im Anschluß sei hier noch die vollständige Synonymie dieser Art gegeben.

1. *Thelephora byssoides* (Pers.) Syn. Fung., p. 577 (1801); Fries, Syst. Myc., I, p. 452; Observ., p. 2; Alb. et Schw., p. 280; D. C., Fl. fr., VI, p. 33; Berk., Outl., p. 269.

2. *Athelia byssoides* Pers., Myc. Eur., I, p. 87 (sterile Form).

3. *Corticium byssoideum* Fries, Hym. Eur., p. 659 (Saccardo, Syll., VI, p. 652).

4. *Coniophora byssoidea* (Pers.) Fries. Saccardo, Syll., VI, p. 652; Quélet, Flore Myc., p. 3.

5. *Coniophorella byssoidea* (Pers.) Bres., Fungi polon., p. 111 (Saccardo, Syll., XVII, p. 183).

6. *Hypochnus strigosus* Wallr. var. β. *filamentosus* Wallr., Fl. Crypt. germ., Nr. 1990 (Saccardo, Syll., VI, p. 660).

7. *Diplonema sordescens* Karst., Finnl. Basids., p. 430 (sub *Peniophora*. Saccardo, Syll., IX, p. 240).

8. *Tomentella obducens* Karst., Finnl. Basids., p. 427 (sub *Hypochnus*. Saccardo, Syll., IX, p. 240).

9. *Hypochnus muscorum* Schroet., Pilze Schlesiens, p. 418; Ann. Myc., III, 1905, p. 188; III, 1905, p. 325 (Saccardo, Syll., VI, p. 655).

10. *Hypochnus setosus* Schroet., Pilze Schlesiens, p. 418 (Saccardo, Syll., VI, p. 658).

11. *Kneiffia tomentella* Bres., Fungi polon., p. 103 (Saccardo, Syll., XVII, p. 176).

Corticium luteum Bres., Fungi Trid., II, p. 58, t. 167, f. 1 (Saccardo, Syll., XVI, p. 191).

Diese Art ist ein *Glococystidium* und ist dem *Gloeocystidium luridum* (Bres.) v. H. et L. sehr ähnlich. Die Gloeocystiden sind ziemlich dicht angeordnet, haben eine unregelmäßig zylindrische bis spindelförmige Gestalt, sind am Scheitel immer stumpf, 40 bis 50 μ lang, 6 bis 9 μ breit und mit einem fast goldgelben feinkörnigen Inhalt erfüllt. Das untersuchte Originalexemplar zeigt Basidien, welche etwas schmäler sind, wie Bresadola angibt, nämlich höchstens 6·5 μ und nicht bis 8 μ, und die beobachteten Sporen waren durchwegs kleiner, als er angibt, statt 9 bis 12 = 4·5 bis 6·5 μ nur 6 bis 8 = 3 bis 3·5 μ groß. Die Sporen des Pilzes sind schwach gelblich gefärbt, die Hyphen besitzen Schnallen.

Der Pilz hat *Glococystidium luteum* (Bres.) v. H. et L. zu heißen.

Corticium Martellianum Bres., N. G. B., I, 1890, p. 258 (*Peniophora Martelliana* [Bres.] Saccardo, Syll., IX, p. 239).

Ist eine gute Art. Die Cystiden sind etwas spärlich; sie sind meist lang kegelförmig, immer zugespitzt, ziemlich dünnwandig, wenig rauh, nur gegen den Scheitel zu schwach inkrustiert, weit hervorragend. Die Diagnose Bresadola's stimmt sehr gut auf das Originalexemplar. Der Pilz ist dem Aussehen nach dem *Gloeocystidium luridum* (Bres.) v. H. et L. und der *Peniophora cremea* Bres. nicht unähnlich. Mikroskopisch zeigt sie große Ähnlichkeit mit der *Peniophora laevis* (Fries) v. H. et L. Die viel kleineren Sporen dieser Art schließen jedoch eine Verwechslung mit derselben aus.

Corticium niveum Bres., Fungi polon., p. 98 (Saccardo, Syll., XVII, p. 170).

Das Originalexemplar dieser Art ist *Corticium serum* Pers. Die von Bresadola in der Diagnose beschriebenen großen Sporen wurden auch von uns aufgefunden. Doch konnten wir trotz gründlichster Untersuchung die Zugehörigkeit dieser Sporen zu dem Pilz nicht nachweisen. Der Pilz ist überhaupt noch jung. Es wurden nur vereinzelt Basidien mit Sterigmen, und zwar meist mit noch nicht ganz entwickelten wahrgenommen. Das Aussehen des Pilzes, die Struktur, Bau und Größe der Basidien und Hyphen stimmen ganz mit jenen von typischen Exemplaren von *C. serum* Pers. überein. Endlich zeigte das Originalexemplar auch einige rundliche Sporen, von derselben Größe, wie sie für die Sporen von *C. serum* Pers. charakteristisch ist.

Offenbar gehören die großen Sporen, welche Bresadola als zum Pilze gehörig beschreibt, irgend einem Hutpilze an, der sie auf das *Corticium* ausstreute.

Corticium Petersii Berk. et Curt., Grev., I, p. 177; Massee, Monogr. of the Theleph., II, p. 145; Saccardo, Syll., VI, p. 618.

Die Nummer 28 der Fungi Carol. Ravanel's enthält das von Peters in Alabama gesammelte Originalexemplar

dieser Art. Dasselbe ist aber ein schon ganz alter Pilz, welcher keine Sporen mehr zeigt. Die anderen Exsikkate, welche ebenfalls *C. Petersii* enthalten sollen (Ravenel, Fungi Americ., Nr. 703; Ellis et Everhart, North Americ. Fungi, Nr. 1716), weisen gleichfalls nur sterile Pilze auf, welche jedoch habituell und, was die Beschaffenheit der Hyphen betrifft, mit dem Pilz des ersteren Exsikkates sehr gut übereinstimmen. Nur das Exsikkat Ellis et Everhart, Fungi columb., Nr. 608, enthält einen Pilz, welcher auch Sporen zeigt. Nun stimmt auch dieser Pilz dem Aussehen nach sowie strukturell mit dem Originalexemplar Peters' überein. Mit ihm identisch ist das Originalexemplar von *Corticium albo-flavescens* El. et Ev. in Ellis et Everhart, Fungi Columbiani, Nr. 403 (Ellis et Everhart, North Americ. Fungi, Nr. 3005). Da letztere Art aber später aufgestellt wurde, muß sie gestrichen werden. Der Name *C. albo-flavescens* El. et Ev., hat als Synonym von *C. Petersii* B. et C. zu gelten. Die Sporen dieses Pilzes sind aber schmutzig olivengrün gefärbt, der Pilz muß daher in die Gattung *Coniophora* eingereiht werden und hat *Coniophora Petersii* (B. et C.) v. H. et L. zu heißen.

(Siehe dazu auch v. H. et L., Beiträge zur Kenntnis der Corticieen, I, p. 1589, und II, p. 777 und 790 in Sitzungsb. der Wiener Akad. der Wissensch., mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV. und Bd. CXVI.)

Bemerkung: Basidien keulenförmig, 9 bis 11 μ breit. Sterigmen vier, spitz kegelförmig, 3 bis 4 μ lang, an der Basis 1·5 μ dick. Sporen kugelig, ziemlich derbwandig; Membran schmutzig olivengrün, glatt. Inhalt mit einem Öltropfen. Hyphen ziemlich unregelmäßig, 2 bis 4 μ dick, mäßig derbwandig, glatt bis sehr rauh, farblos, mit spärlichen, wenig deutlichen Schnallen. Hyphen zum Teil inkrustiert oder locker mit sehr kleinen Krystalldrusen bestreut.

Corticium (Gloeocystidium) praetermissum Karst. var. **Bourdotii** Bres., Annales Myc., VI, (1908), p. 44.

Ist nach der Beschreibung und einem von Bresadola bestimmten und als *Gloeocystidium Bourdotii* Bres. n. sp.

bezeichneten Exemplar (aus dem Sachsenwald, 1904 von Jaap gesammelt) nur *Gloeocystidium inaequale* v. H. et L.

Corticium sordidum Karst., Sym. Myc. Fenn., X, p. 65.

Das in W. Brinkmann, Westfälische Pilze, Nr. 8, ausgegebene Exemplar ist seinerzeit von Bresadola mit dem Originalexemplar verglichen und als identisch mit demselben befunden worden. Nun ist aber der Pilz dieses Exsikkates (teste Bresadola) auch identisch mit *Peniophora serialis* (Fries) v. H. et L. Da diese Art aber die ältere ist, hat *Corticium sordidum* Karst. (= *Peniophora sordida* [Karst.] sensu Brinkmann) nur als Synonym von ihr zu gelten.

Dann kann aber wieder die von uns in *Peniophora sordidella* v. H. et L. umgenannte *Peniophora sordida* (Schroeter) v. H. et L. (= *Hypochnus sordidus* Schroeter) ihre ursprüngliche Bezeichung behalten.

Corticium sublaeve Bres., Fungi polon., p. 95 (Saccardo, Syll., XVII, p. 171).

Das zur Untersuchung vorliegende Stück des Originalexemplares war etwas dürftig. Dasselbe stimmte jedoch im großen und ganzen recht gut zur Diagnose Bresadola's. Nur hat Bresadola übersehen, daß im Hymenium des Pilzes auch Cystiden, wenn auch spärlich und locker angeordnet sich vorfinden. Dieselben sind lang keulenförmig, ragen 10 bis 35 μ über das Hymenium hervor und sind am Scheitel 5 bis 8 μ breit; der hervorragende Teil ist etwas gelb gefärbt und infolge zarter Inkrustierung etwas rauh. Wegen dieser Cystiden wäre der Pilz als *Peniophora* anzusehen und müßte dann *Peniophora sublaevis* (Bres.) v. H. et L. heißen.

Peniophora sublaevis (Bres.) v. H. et L.

Syn.: *Corticium sublaeve* Bres., Fungi polon., p. 95 (Saccardo, Syll., XVII, p. 171).

Pilz ausgebreitet, dünnhäutig, dem Substrate ziemlich locker anhaftend, am Rande reifartig oder fast faserig, anfangs gelblich weiß, später fast fleischfarben. Hymenium geschlossen, frisch fast wachsartig, glatt, trocken etwas zerrissen; Basidien

keulenförmig, 15 bis 20 μ lang, 4 bis 5 μ breit; Sterigmen 4; pfriemenförmig, grade, 3 bis 5 μ lang. Sporen verkehrt eiförmig, an der Basis zugespitzt, zartwandig, farblos, glatt, mit gleichmäßigem Inhalt, 3·5 bis 5 μ lang, 2·5 bis 3·5 μ breit, manchmal auch etwas kleiner. Cystiden spärlich, locker angeordnet, zylindrisch oder nach obenhin etwas keulig, stumpf, dünnwandig, meist etwas rauh und inkrustiert, 10 bis 25 μ weit vorragend und 5 bis 8 μ breit, oft etwas gelblich. Hyphen ziemlich regelmäßig, 2 bis 3 μ breit, schwach gelblich oder farblos, zartwandig, glatt, mit Schnallenbildungen (siehe Fig. 2).

An Laubholz, Erlen etc.

Russisch-Polen (Eichler), auch aus den österreichischen Alpen bekannt (v. Höhnel).

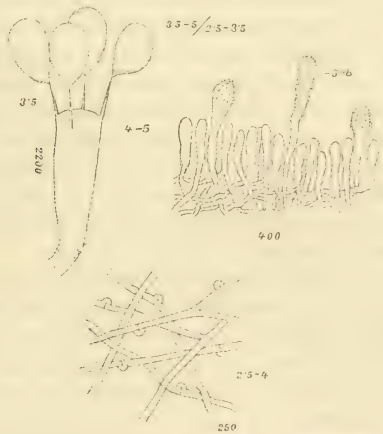


Fig. 2. *Peniophora sublaevis* (Bres.) v. H. et L.

Corticium tomentelloides v. H. et L. n. sp. in Sitzungsberichte d. k. Akad. d. Wissenschaften im Wien, math.-naturw. Kl., Bd. CXVI, p. 824.

Diese Art erwies sich als identisch mit *Grandinia helvetica* (Pers.) Fries. Dieselbe hat jedoch ein ganz glattes Hymenium und kann nicht als *Grandinia* betrachtet werden; sie muß als *Corticium helveticum* (P.) v. H. et L. bezeichnet werden.

Corticium trigonospermum Bres., Annales Myc., III, 1905, p. 163.

Der Pilz, welcher dieser Art zugrunde liegt, wurde von W. Brinkmann in seinem Exsikkatwerk Westfälische Pilze in der Nr. 101 ausgegeben. Der Pilz dieses Exsikkates ist aber, wie uns festzustellen gelang, nur die Jugendform einer *Tomentella* sp., und zwar liegt in derselben eine eigene, neue Art dieser Gattung vor. Wir wurden auf diese Tatsache durch die genauere Untersuchung einer uns vor kurzem von Brinkmann zur Bestimmung übergebenen Corticiee geleitet, welche dieser als eine neue *Tomentella*-Art bezeichnet hatte. Diese *Tomentella* stimmte nämlich nicht nur im Aussehen, sondern auch in der Struktur und in der Beschaffenheit und den Größenverhältnissen der Hyphen und Basidien vollkommen mit dem Pilz des angeführten Exsikkates, also dem Originalexemplar von *Corticium trigonospermum* Bres. überein. Sie zeigte neben reifen, vollkommen entwickelten typischen (fast kugeligen, stacheligen, gelben) *Tomentella*-Sporen auch eine größere Menge rundlich eckiger, unreifer Sporen und darunter vor allem auch solche, welche in Form und Größe genau mit den Sporen übereinstimmen, welche Bresadola von *C. trigonospermum* beschreibt und wie sie das genannte Exsikkat dieses Pilzes zeigt.

Für die Annahme, daß die Exemplare dieses Exsikkates einen noch nicht ausgereiften Pilz enthalten, spricht auch die Tatsache, daß die Sporen an denselben weil spärlich vorhanden, schwer aufzufinden sind. Unser Pilz, der unzweifelhaft einen gut entwickelten Zustand desselben Pilzes repräsentiert, zeigt dagegen sehr reichliche Sporen.

Die Beobachtung, daß junge, später ganz kugelig werdende *Tomentella*-Sporen anfangs von mehr oder weniger rundlich-eckiger, oft fast unregelmäßig tetraedrischer Form sind, wurde übrigens von uns auch schon früher mehrere Male gelegentlich der Bestimmung verschiedener Tomentellen gemacht.

Corticium trigonospermum Bres. muß daher in die Gattung *Tomentella* versetzt werden und hat *Tomentella trigonosperma* (Bres.) v. H. et L. zu heißen.

Der Pilz ist im Aussehen dem *Corticium byssinum* (Karst.) Massee, dem *Corticium centrifugum* (Lév.) Bres. und der *Peniophora albostraminea* (Bres.) v. H. et L. sehr ähnlich. Von den anderen hellen *Tomentella*-Arten: *Tomentella pellicula* (Fries) Bres., *Tomentella isabellina* (Fries) v. H. et L. ist sie mikroskopisch leicht zu unterscheiden.

Es folgt eine genauere und ausführlichere Diagnose.

Tomentella trigonosperma (Bres.) v. H. et L.

Syn.: *Corticium trigonospermum* Bres., Annales Myc., III. 1905, p. 163.
Exs.: W. Brinkmann, Westfälische Pilze, Nr. 101, 173.

Pilz ausgebreitet; fast dünnhäutig, unterseits und am Rande spinnwebig-wollig, dem Substrate ziemlich locker anhaftend, weich, anfangs rein weiß, später hellgelblich bis fast crèmefarben. Hymenium geschlossen, leicht zerbrechlich, mehlig bis fast körnig, etwas rauh, im Alter nicht zerrissen. Basidien keulenförmig, 10 bis 20 μ lang, 4 bis 6 μ breit; Sterigmen 4, pfriemenförmig, grade, 3 bis 4 μ lang. Sporen jung im Umriß unregelmäßig rundlich, meist dreieckig, von der Seite gesehen etwas abgeflacht, zartwandig, farblos, später fast kugelig, stachelig, 4 bis 7 μ im Durchmesser betragend. Inhalt mit einem oder mehreren Öltröpfchen. Hyphen ziemlich unregelmäßig, locker verflochten, 2·5 bis 4·5 μ dick, zartwandig, farblos, etwas rauh, mit Schnallen an den Septen.

An Laubholz, Moos etc. überziehend.

Habichtswald bei Tecklenburg und Lengerich (Westfalen). Brinkmann.

Diese Art ist habituell dem *C. byssinum* (Karst.) Massee und dem *C. centrifugum* (Lév.) Bres. sehr ähnlich, unterscheidet sich aber scharf von diesen Arten durch seine rundlichen, jung dreieckigen Sporen.

Peniophora crystallina v. H. et L., Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-nat. Kl., Bd. CXVI, Abt. I, p. 827, erwies sich als eine fast glatte, sehr zarte Form von *Odontia conspersa* Bres. Diese Art bildet nur selten deutliche Stacheln aus, meist ist sie nur feinkörnig granuliert oder dicht kleinwarzig. Die vielen im Wienerwalde gefundenen Formen sowie mehrere von Brinkmann in Westfalen gesammelte Exemplare

machen den Eindruck einer Corticiee, die nur stellenweise fein papillös ist. *Peniophora crystallina* ist daher eine corticieenartige Form von *Odontia conspersa*, die am besten als *Odontia conspersa* Bres. var. *crystallina* (v. H. et L.) bezeichnet wird (teste Bresadola in litt.).

Peniophora Molleriana (Bres.) Saccardo. 1891.

(Bresadola, Flor. mycol. lusit., p. 7. *Corticium Mollerianum* Bres. in litt.; Saccardo, Syll., XI, p. 128.)

Diese Art ist identisch mit *Peniophora Roumeguèrii* Bres., Fungi Trid., II, p. 36. Es ist dies schon aus den vollständig übereinstimmenden Diagnosen beider Arten zu erschließen. Ein von Bresadola als *Kneiffia Molleriana* Bres. (= *C. Mollerianum* Bres.) bestimmter (auf Zweigen von *Castanea vesca* bei Trient 1894 gesammelter) Pilz erwies sich als übereinstimmend mit dem Originalexemplare von *P. Roumeguèrii* Bres. Letztere Art wurde 1892 aufgestellt, *P. Molleriana* (Bres.) Sacc. schon 1891. Letzterer Name hat daher die Priorität und der Pilz muß daher *Peniophora Molleriana* (Bres.) Sacc. heißen. *P. Roumeguèrii* Bres. hat als Synonym dieser Art zu gelten.

Peniophora radicata (P. Henn.) v. H. et L. (*Corticium radicatum* P. Henn., Pilze Ostafrikas, p. 54) Saccardo, Syll., XIV, p. 222, siehe auch diese Sitzungsberichte, Bd. CXVI, p. 746.

Dieser schöne und sehr auffallend gestaltete Pilz wurde im Jahre 1895 von P. Hennings als neue ostafrikanische *Corticium* sp. aufgestellt. Wir wiesen dann auf Grund einer genaueren Untersuchung der Originalexemplare nach, daß dieselbe eigentlich eine *Peniophora* sp. repräsentiert, und konnten dieselbe angelegentlich der Revision zahlreicher in Westfalen, Brandenburg und Hannover gesammelter Corticieen auch für Norddeutschland nachweisen. Nach Mitteilungen W. Brinkmann's soll sogar dieselbe in Westfalen und Hannover sehr verbreitet sein. Wir vermuteten daher, daß diese Art schon unter irgend einem anderen Namen beschrieben worden sein dürfte, denn ein so auffallender Pilz konnte wohl kaum den zahlreichen Mykologen, welche bisher Europas Pilzwelt erforscht hatten, entgangen sein.

Das Studium dieser Frage ergab, daß unter den in Europa bekannten *Peniophora*-Arten nur zwei mit der *P. radicata* P. H. identisch sein konnten. Es sind dieß die *P. subsulphurea* Karst. und die *P. mimica* Karst. in Sched. (siehe diese Sitzungsber. Bd. CXVI, p. 1563). Diese beiden Arten stehen sich sehr nahe und ist die *P. mimica* vielleicht nur eine Kümmerform der *P. subsulphurea;* doch ist das Originalexemplar der ersteren Art zu dürftig, um dies zu entscheiden.

Bei der Durchsicht der von O. Jaap gesammelten Exemplare der *P. radicata* zeigte sich die interessante Tatsache, daß diese Art in zwei äußerlich voneinander ganz verschiedenen Formen auftritt, je nachdem sie auf einem festen Substrat (Holz oder Rinde) oder auf einem lockeren, wie Humus, Holzmulm etc., wächst. Im ersteren Falle fehlen vollständig die charakteristischen ockergelben rhizomorphaartigen Stränge, die für die *P. radicata* so charakteristisch sind, und der Pilz ist fest angewachsen. Im letzteren Falle ist der Pilz viel dicker, locker am Substrat anhaftend und mit vielen wurzelartigen Strängen versehen. Die Holz- oder Rindenform ist nun bisher allein aus Europa bekannt geworden und als *P. subsulphurea* (Karst.) beschrieben worden, während die Humusform mit den Wurzelsträngen die *P. radicata* (P. Henn.) darstellt. Letztere ist daher nur eine üppige, auf Humus etc. wachsende Form von *P. subsulphurea* Karst.

Mikroskopisch sind natürlich beide Arten gleich, nur daß naturgemäß die üppige Humusform stärker entwickelt ist, um 1 bis 2 μ dickere, besser inkrustierte Hyphen und stärker ausgebildete Cystiden besitzt.

Nach Bresadola in litt. ist *P. radicata* P. Henn. auch identisch mit *P. unicolor* Peck (1890?).

Kneiffia aurantiaca Bres., Fungi polon., p. 103 (*Corticium aurantiacum* Bres., Fungi Trid., II, p. 37, tab. 144, f. 2; *Peniophora aurantiaca* Bres., v. H. et L. Diese Sitzungsber., Bd. CXV, p. 1587; Saccardo, Syll., IX, p. 126; XVII, p. 182).

Das Hymenium dieser Art enthält neben den Basidien nicht nur langkegelförmige, stumpfe, stark inkrustierte, 60 bis

80 μ lange, 7 bis 10 μ breite *Peniophora*-Cystiden, sondern auch mehr oder weniger keulenförmige bis zylindrische, am Scheitel stets stumpfe, glatte, mit gelblichem öligen Inhalt erfüllte, bis 70 μ lange und 10 μ breite, stets eingesenkte Glöocystiden. Die letzteren sind meist sehr reichlich vorhanden; die *Peniophora*-Cystiden dagegen manchmal so spärlich, daß man sie leicht übersehen kann.

Der Pilz muß in die Gattung *Glocopeniophora* eingereiht werden und hat *Gl. aurantiaca* (Bres.) v. H. et L. zu heißen.

Kneiffia avellanea Bres., Fungi polon., p. 102 (Saccardo, Syll., XVII, p. 178).

Diese Art ist eine echte *Peniophora* aus der Gruppe der *Peniophora pubera* (Fries) Massee. Dem Aussehen nach und was die Form der Cystiden betrifft, ist sie dieser Art sehr ähnlich. Infolge der kleineren, immer gekrümmten, sehr zartwandigen Sporen und der zarteren, stark verklebten Hyphen jedoch nicht damit zu verwechseln. Die Bresadola'sche Diagnose kennzeichnet die Art sehr gut. Der Pilz hat *Peniophora avellanea* (Bres.) v. H. et L. zu heißen.

Kneiffia carneola Bres., Fungi polon., p. 104 (*Peniophora carneola* (Bres.) v. H. et L., siehe Österr. Corticieen Wiesner-Festschrift, 1908, p. 70).

Diese Art ist höchstwahrscheinlich identisch mit *Glococystidium argillaceum* (Bres.) v. H. et L. (= *Peniophora argillacea* Bres. = *Kneiffia argillacea* Bres.). Die Originalexemplare beider Pilze lassen wenigstens keinen wesentlichen Unterschied erkennen.

Beide Pilze zeigen im Gewebe zwischen den Hyphen eingebettet oder Hyphenenden und den Cystiden aufsitzend gelbe Tröpfchen bis Klümpchen eines ölig-harzigen Körpers. Cystiden, Sporen und Hyphen sind ganz gleich gestaltet und stimmen auch in den Dimensionen überein. Nur die Sporen

scheinen etwas in der Größe zu variieren. Da *Peniophora argillacea* Bres., Fungi Trid., früher aufgestellt wurde, hat *Kneiffia carnicola* Bres. als Synonym von *Glococystidium argillaceum* (Bres.) v. H. et L. zu gelten.

Am nächsten verwandt dieser Art ist *Glococystidium pallidum* (Bres.) v. H. et L., siehe Österreichische Corticieen, Wiesner-Festschrift, 1908, p. 68; auch *Glococystidium praetermissum* (Karst.) v. H. et L. zeigt gewisse Ähnlichkeiten.

Kneiffia clavigera Bres., Fungi polon., p. 103 (Saccardo, Syll., XVII, p. 178).

Ist eine gute Art; die Bresadola'sche Diagnose stimmt sehr gut auf das Orignalexemplar. Die von Bresadola beschriebenen Cystiden scheinen Glöocystiden zu sein. Das untersuchte Originalexemplar zeigt allerdings nur inhaltslose, keulenförmige Cystiden, allein das Stück ist schon sehr alt. Das Gewebe des Pilzes ist aber ganz mit einer gelben öligen Masse erfüllt, welche aus den keulenförmigen Cystiden zu stammen scheint. Der Pilz wird daher richtiger als *Glococystidium clavigerum* (Bres.) v. H. et L. zu bezeichnen sein.

Glococystidium clavuligerum v. H. et L. ist ein anderer Pilz, der schon durch die fast kugeligen, 4 bis $5 \times 4\,\mu$ großen Sporen von der Bresadola'schen Art, welche fast zylindrische, 9 bis 10×5 bis $6\,\mu$ große Sporen hat, scharf geschieden ist.

Kneiffia farinosa Bres., Fungi polon., p. 105; Saccardo, Syll., XVII, p. 178.

Ist eine gute Art. Die Cystiden sind sehr spärlich. Sie ist einerseits, was Aussehen und Beschaffenheit der Cystiden betrifft, der *Peniophora pubera* (Fries) Massee nahestehend, anderseits zeigt sie auch große Ähnlichkeit mit *Peniophora Aegerita* (Hoffm.) v. H. et L. Sie ist von beiden leicht durch die Form, beziehungsweise Größe der Sporen zu unterscheiden. Sie hat *Peniophora farinosa* (Bres.) v. H. et L. zu heißen.

Aleurodiscus javanicus P. Henn., Monsunia, I (1899), p. 139 (*Corticium javanicum* [P. Henn.] Saccardo et Sydow, Saccardo, Syll., XVI, p. 189).

Das Originalexemplar dieser Art wurde von uns nicht nur dem Aussehen nach, sondern auch, was den Bau des Hymeniums, Größe und Form der Sporen etc. betrifft, auf das genaueste mit einem sicheren Exemplar von *Corticium Peradeniyae* B. et Br., Ceylon Fungi, p. 629 (Journ. of Linn. Soc., XIV, p. 69), das in Peradeniya gesammelt und uns von Herrn Petch in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt worden war, verglichen. Beide Pilze erwiesen sich als vollkommen identisch. *Aleurodiscus javanicus* P. Henn. hat daher als Synonym von *Corticium Peradeniyae* B. et Br. zu gelten; diese Art aber muß *Aleurodiscus Peradeniyae* (B. et Br.) P. Henn. genannt werden.

Für dieselbe gilt natürlich auch unsere ausführliche Diagnose (nebst Figur) von *Al. javanicus* in den Beiträgen zur Kenntnis der Corticieen. II, diese Sitzungsber., Bd. CXVI, p. 803.

Doch ist in dieser Diagnose zu berichtigen, daß erstens beide Arten von Dendrophysen mit ihren Scheiteln bis an die Oberfläche des Hymeniums reichen können und zweitens die Sporen bis 30 μ lang und 18 μ breit werden.

Coniophora fumosa Karst., Symb. Myc. Fenn., VIII, p. 13.

Ist nach Originalexemplar nichts anderes als *Coniophorella olivacea* (Fries) Karst.

Gonatobotrys pallidula Bres., Fungi polon., p. 127.

Ist, wie die Untersuchung des Originals und eines von Bresadola bestimmten Exemplares aus dem Herbar Jaap ergab, nichts anderes als *Glococystidium oleosum* v. H. et L. Es läßt sich dies übrigens schon sehr gut aus dem Vergleich der Diagnosen beider Pilze entnehmen. Die fertilen Hyphen, welche Bresadola beschreibt, sind die Glöocystiden mit den ausgeschiedenen Öltropfen und anklebenden Sporen. Der Pilz muß richtig nun *Glococystidium pallidulum* (Bres.) v. H. et L. heißen.

Hypochnus albo-stramineus Bres., Fungi polon., p. 108 (Saccardo, Syll., XVII, p. 185).

Das Originalexemplar zeigt spärliche zylindrische oder langkegelförmige, stumpfe, glatte, nicht inkrustierte, cystidenartige Gebilde, welche meist nur wenig über die Oberfläche des Hymeniums hervorragen. Schöner und zahlreicher wurden dieselben von uns an Exemplaren beobachtet, welche von Brinkmann und Jaap in Westfalen, Hannover und Brandenburg gesammelt worden waren und die bis auf die zahlreicheren Cystiden vollkommen mit dem Original des Pilzes übereinstimmen. Nach Bresadola, Ann. Myc., 1908, p. 45, welcher wahrscheinlich ganz frische Exemplare untersuchte, sind diese Cystiden 45 bis 120 μ lang und 8 bis 9 μ breit und mit einem hyalinen, Farben stark absorbierenden Inhalt erfüllt. Sie sind also eigentlich Glöocystiden. Da die Sporen des Pilzes wohl kugelig, aber durchaus nicht stachelig, sondern nur höchstens etwas rauh sind, dürfte der Pilz wohl wegen der besprochenen Cystiden am besten in die Gattung *Glococystidium* eingereiht werden. Er hat dann *Glococystidium albostramineum* (Bres.) v. H. et L. zu heißen. Der Pilz ist äußerst ähnlich der *Peniophora sordida* (Schroet.) v. H. et L. nicht nur im Aussehen, sondern auch was die mikroskopische Struktur betrifft. Die Cystiden der letzteren Art sind aber keine Glöocystiden, auch besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Arten in der Sporengröße. Während sie bei *Peniophora sordida* (Schr.) v. H. et L. 4 bis 5 μ im Durchmesser beträgt, sind die Sporen von *Glococystidium albo-stramineum* (Bres.) v. H. et L. 8 bis 9 × 7 bis 8 μ groß.

Thelephora eradians Fries, Elench. Fung., 1828, I, p. 195.

Fries rechnet diese Art zu *Coniophora* und sagt, daß dieselbe mit der *C. puteana* sehr nahe verwandt ist. Eine im Wienerwalde im Mauerbachtale reichlich gefundene *Coniophora* stimmte so gut zur Fries'schen Beschreibung der *C. eradians*, daß es uns kaum zweifelhaft ist, daß diese Art eine echte *Coniophora* ist. Bresadola hingegen (Fungi polon., p. 106) faßt die *Telephora eradians* Fries als einen *Hypochnus (Tomentella)* auf.

Allein ein von ihm eingesendetes Exemplar seines *Hypochnus eradians* (Fr.) Bres. ist sicher nichts anderes als eine völlig resupinate Form von *Thelephora terrestris* Ehrh. Mithin muß bis auf weiteres die *Th. eradians* als *Coniophora* gelten.

Stereum Lepra Berk. et Broome, Fungi of Ceylon, Nr. 604 (Journ. Sinn. Soc., XIV, (1875), p. 67); *Corticium Lepra* Massee, Monogr. of the Theleph., I, p. 130; Saccardo, Syll., VI, p. 580.

Von dieser Art wurde von uns ein Originalexemplar, welches wir der Freundlichkeit des Herrn Petch verdanken, untersucht. Dieses zeigte aber leider nur alte Fruchtkörper, deren Hymenium fast zerstört war. Dagegen konnten wir an frischen, jungen, in Buitenzorg auf Java gesammelten Exemplaren feststellen, daß diese Art zweifelsohne auch eine *Aleurodiscus* sp. ist. Sporen konnten wir zwar auch an diesen Exemplaren keine finden, wohl aber zeigte das Hymenium derselben reichlich junge Basidien und dazwischen Dendrophysen. Der Pilz muß daher *Aleurodiscus Lepra* (B. et Br.) v. H. et L. heißen.

Aleurodiscus Lepra (B. et Br.) v. H. et L.

Syn.: *Stereum Lepra* B. et Br., Journ. Linn. Soc., XIV, p. 67 (1875). *Corticium Lepra* Massee, Monogr. of the Theleph., I, p. 130.

Pilz mehr oder weniger scheibenförmig, mit dem größten Teil der Unterseite dem Substrate angewachsen, von länglichem oder unregelmäßig rundlichem Umriß, bis ungefähr 8 *mm* breit; Rand immer scharf, abgehoben, mitunter besonders auf einer Seite eingebogen, stets ganz; Rückseite des Pilzes unbehaart. Hymenium rein weiß bis schmutzig weiß, glatt, mehlig, etwas zerrissen, aus Basidien und Dendrophysen bestehend. Basidien breit keulenförmig, bis 30 μ lang und 12 μ breit. Sterigmen und Sporen nicht gesehen. Dendrophysen fadenförmig, bis 3 μ breit und 30 μ lang, gegen den Scheitel zu deutlich knorrig bis schwach baumartig verzweigt. Hyphen undeutlich, farblos, glatt, 2 bis 3 μ dick.

Auf morscher Rinde, Holz, Zweigen etc.

Ceylon und Java.

II. Über Stereum sparsum.

Es gibt zwei Corticieen, welche mit diesem Namen bezeichnet wurden. Die eine wurde von Berkeley im Jahre 1873 (siehe Journ. Linn. Soc., XIII, p. 169), die andere von ihm und Broome gemeinsam ein Jahr später (siehe Journ. Linn. Soc., XIV, p. 72) aufgestellt. *Stereum sparsum* Berk. und *Stereum sparsum* Berk. et Broome nun sind zwei durchaus verschiedene Pilze. Dies kommt auch in den Originaldiagnosen der beiden Pilze schon sehr gut zum Ausdruck; man vergleiche nur dieselben.

St. sparsum Berk. Candidum vel pallide ochraceum, in pustulas duras quandoque confluentes dispositum. Australia.

St. sparsum Berk. et Broome, Candidum, suborbiculare, sparsum, immarginatum, hymenio setuloso. On bark. Ceylon.

Schon mit der Lupe betrachtet, können beide Pilze kaum miteinander verwechselt werden.

Das vollständig glatte, höchstens mehlig bestäubte Hymenium der ersteren Art und andrerseits die infolge der vielen vorhandenen Cystiden samtartige Beschaffenheit des Hymeniums der zweiten Art schließen dies vollkommen aus.

Von dieser letzteren Art stand uns zur genaueren Untersuchung ein Originalexemplar (Nr. 650 der Fungi of Ceylon) zur Verfügung. Die erstere Art wurde von uns bereits früher eingehender an Exemplaren studiert, welche auf der Weltreise der Prinzen Philipp und August von Koburg in Australien (Victoria, Murrayfluß) an *Eucalyptus*-Rinde gesammelt und von Beck bestimmt worden sind. Dieselben passen so vollkommen zur Diagnose von Berkeley's Pilz, so daß man sie wohl als richtig bestimmt ansehen kann. Diese Exemplare nun repräsentieren einen Pilz, der nicht als *Stereum* bezeichnet werden kann, sondern in die Gattung *Aleurodiscus* eingereiht werden muß. Das Hymenium dieses Pilzes besteht nämlich einerseits aus Basidien, Glöocystiden und zarten Dendrophysen und andrerseits besitzen die Basidien und Sporen die für die typischen *Aleurodiscus*-Arten charakteristische Form und Größe. Dieser Berkeley'sche Pilz ist daher schon früher von uns *Aleurodiscus sparsus* (Berk.) v. H. et L. genannt

worden, allerdings unter der Voraussetzung, daß der Beck'sche Pilz wirklich das *Stereum sparsum* Berk. ist.

Eine genaue Diagnose desselben sowie die Abbildung eines Hymeniumquerschnittes ist von uns bereits im II. Beitrag zur Kenntnis der Corticieen (siehe diese Sitzungsber., 1907, Bd. CXVI, p. 809, und Tafel III, Fig. 2) gegeben worden.

Nach Berkeley (siehe oben l. c.) ist der Pilz nicht nur in Australien, sondern auch auf Ceylon zu finden. Das *Stereum sparsum* Berk. et Broome dagegen ist, wie bereits Cooke (siehe Grev., VIII, p. 21, f. 125) festgestellt hat und wovon wir uns auch selbst überzeugt haben, eine *Peniophora sp.* Schon mit der Lupe kann man ganz gut die sehr dicht stehenden, ziemlich zarten und langen *Peniophora*-Cystiden beobachten, welche das Hymenium des Pilzes aufweist. Dieselben sind langkegelförmig, am Scheitel zugespitzt, an der Basis etwas angeschwollen und gewöhnlich wurzelartig verzweigt, 80 bis 140 μ lang, 8 bis 12 μ breit, farblos, mäßig dickwandig, mit oft ungleichmäßig weiten Lumen, wenig inkrustiert. Was die Basidien und Sporen betrifft, so beschreibt Cooke dieselben nicht, er scheint also solche nicht beobachtet zu haben; auch wir konnten an dem uns zur Verfügung stehenden Stück des Originalexemplares keine auffinden, denn das Hymenium des Pilzes war höchstwahrscheinlich infolge des Alters, vielleicht auch infolge von Insektenfraß fast gänzlich zerstört. Massee (siehe Monogr. of the Theleph., I, p. 89) dagegen beschreibt Sporen des Pilzes, sie sind nach ihm länglich ellipsoidisch und 10×5 μ groß. Wenn diese Sporenangabe richtig ist (was jedoch bezweifelt werden kann, denn wir konnten schon bei einigen anderen Arten unrichtige Sporenangaben Massee's feststellen), dann liegt in dem *Stereum sparsum* Berk. et Broome eine eigene *Peniophora* sp. vor, welche *Peniophora sparsa* (B. et Br.) Cooke genannt werden muß. Im Aussehen und was den Bau der Cystiden anbelangt, steht dieselbe der *Peniophora subglebulosa* v. H. et L. (II. Beitrag zur Kenntnis der Corticieen) sehr nahe. Ähnlich geformte, aber weit längere Cystiden zeigt auch die *Peniophora chaetophora* v. H. et L. (l. c.), doch ist letztere Art mehr ausgebreitet und sehr locker, während der in Rede stehende Pilz kleine, wenige Millimeter

breite, länglich oder unregelmäßig rundliche, dichtere, fleckenartige Fruchtkörper bildet. Nach Berkeley und Broome, Cooke und Massee (Monogr. of the Theleph., I, p. 89) ist die *Peniophora sparsa* (B. et Br.) Cooke nur auf Ceylon gefunden worden. In Saccardo, Syll., VI, p. 645, findet man auch Queensland als Fundort angegeben; auf Grund welcher genaueren Literaturstelle konnten wir nicht feststellen.

III. Über Thelephora crustacea Schum., Saell., p. 396.

Bei der Aufstellung dieser Art scheint Schumacher einen Irrtum begangen zu haben. Das Originalexemplar seiner *Thelephora crustacea* dürfte höchstwahrscheinlich nur eine Form der älteren Persoon'schen Art *Thelephora penicillata* (Pers.) Fries. = *Thelephora spiculosa* Fries = *Thelephora mollissima* Pers. gewesen sein. Die Diagnose von *Thelephora crustacea* in Fries, Hym. Eur., p. 637, paßt wenigstens sehr gut auf jene Formen, in welchen die *Thelephora penicillata* auf nacktem Erdboden erscheint. Dafür, daß tatsächlich die *Th. crustacea* keine eigene Art repräsentiert, spricht übrigens schon der Umstand auch, daß es uns nicht gelang, unter den vielen Pilzen, welche als *Th. crustacea* bestimmt waren und uns zur Untersuchung aus verschiedenen Herbarien vorlagen, einen festzustellen, der sich als eine eigene Art, die besonders zur Fries'schen Diagnose und Schumacher's Pilz stimmte, erwiesen hätte. Alle konnten als andere schon bekannte Arten ermittelt werden. Insbesondere fanden wir als *Thelephora crustacea* Schum. (= *Hypochnus crustaceus* Schum.) bezeichnet Formen von *Thelephora penicillata* (Pers.) Fries, *Tomentella fusca* (Pers.) Schroeter, *Tomentella subfusca* Karst., *Tomentella chalybea* (Pers.) v. H. et L., *Tomentella macrospora* v. H. et L., *Tomentella sulphurea* (Pers.) Karst., etc. Auch die von uns bisher als *Tomentella crustacea* (Schum.) v. H. et L. bestimmten Pilze erwiesen sich bei der Nachuntersuchung als Formen von *Thelephora penicillata* (Pers.) Fries.

Das Schroeter'sche Exsikkat von *Thelephora crustacea* Schum. enthält *Tomentella chalybea* (Pers.) v. H. et L. Der Pilz des Brinkmann'schen Exsikkates von *Thelephora crustacea*

Schum. enthält ebenfalls einen Pilz, der kaum etwas anderes als eine glatte Erdform von *Thelephora penicillata* (Pers.) Fries ist.

Die Identität von *Thelephora mollissima* Pers. mit der letztgenannten Art läßt sich ebenfalls schon aus der Fries'schen Diagnose erschließen. Ein von Bresadola als *Thelephora mollissima* Pers. bestimmter Pilz erwies sich als *Thelephora penicillata* (Pers.) Fries.

Thelephora penicillata (Pers.) Fries (1797).

Syn. *Merisma penicillata* (Pers.), Comment., p. 96 ; Syn. Fung., p. 583.
Thelephora penicillata Fries, Syst. Myc., I, p. 434; Elenchus Fung., p. 168; Schroeter, Pilze, p. 431.
Thelephora spiculosa Fries, Syst. Myc., I, p. 434; Hym. eur., p. 637; Winter, Pilze, I, p. 347; Saccardo, Syll., VI, p. 539; Bres., Fung. polon., p. 91.
Thelephora mollissima Pers., Syn. Fung., p. 572; Fries, Syst. Myc., I, p. 435; Hym. Eur., p. 636; Berk., Outl., p. 268, t. 17, f. 5; Secr., Nr. 22; Winter, Pilze, I, p. 348; Saccardo, Syll., VI, p. 527; Bres., Fung. polon., p. 91.
Thelephora crustacea Schum., Saell., p. 396; Fries, Hym. Eur., p. 637; Flora dan. Nr. 1851, f. 2; Karsten, Hattw., II, p. 163.
Hypochnus crustaceus Schroeter, Pilze, p. 431; Winter, Pilze, I, p. 346; Saccardo, Syll., VI, p. 541; Bres., Fung. polon., p. 106. *Hypochnus crustaceus* (Schum.) Karsten; *Tomentella crustacea* (Schum.) v. H. et L. Österreichische Corticieen, p. 77.
Thelephora umbrina Pers., Syn. Fung., p. 578; Myc. Eur., p. 214.
Merisma cristatum ββ *fuscum* Alb. et Schw., Consp., p. 284, nach Fries, Hym. Eur., p. 637.
Merisma cristatum Pers., Comment., p. 96; Syn. Fung., p. 583 (siehe Brinkmann, Westfälische Pilze, Nr. 76.)
Thelephora cristata Fries, Syst. Myc., I, p, 434 (soll nach Bresadola, Fung. polon., p. 116 = *Sebacina laciniata* (Bull.) Bres. = *Thelephora sebacea* Pers. = *Sebacina incrustans* Tul. sein).

Thelephora cristata Pers. in Pat. Tab. analyt., Nr. 559 kann nach Abbildung und Beschreibung nicht *Sebacina laciniata* Bull. Bres. sein; scheint eine echte *Thelephora* sp. zu sein; ist vielleicht *Thelephora fastidiosa* Fries.

Exs.: 1. Kunze, Fung. sel., Nr 560 sub *Thelephora spiculosa* Fries (nicht gesehen).
2. Fuckel, Fungi rhen., Nr. 1323 (sub *Thelephora crustacea* Schum., ist *Tomentella chalybea* [Pers.] sensu Bresadola).

3. Rabenhorst-Winter. Fungi Europaei, Nr. 2725, sub *Th. spiculosa* Fries.

4. W. Brinkmann, Westf. Pilze, Nr. 76, sub *Th. spiculosa* Fries.

5. C. Roumeguère, Fungi gall. exsicc., Nr. 3306, sub *Th. spiculosa* Fries (enthält nichts Bestimmbares).

6. C. Roumeguère, Fung. select. exsicc., Nr. 5202, *Th. spiculosa* Fries (enthält diese Art).

7. C. Roumeguère, Fungi select. exsicc., Nr. 6898, *Th. spiculosa* Fries. (enthält nichts Bestimmbares).

8. Sydow, Mycotheca Marchica, Nr. 2002, sub *Th. crustacea* Schum. (dürfte kaum diese Art enthalten).

9. Brinkmann, Westf. Pilze, Nr. 71, sub *Hypochnus crustaceus* (Schum.) Bres.

W. Brinkmann, Westf. Pilze, Nr. 37, *Hypochnus crustaceus* Schum. Enthält denselben Pilz wie die Nr. 199, welche dort *Hypochnus chalybeus* (Pers.) Bres. bezeichnet ist. Der Pilz dieses Exsikkates scheint nicht der richtige Persoon'sche Pilz zu sein.

IV. Neue und ungenügend bekannte Arten.

1. **Corticium molle** Fries, Hym. Eur., p. 660; Massee, Monogr., II, p. 143; Bres., Fungi polon., p. 107.

Syn.: *Thelephora mollis* Fries, System. Myc., I, p. 443; *Hypochnus mollis* (Fries) Saccardo, Syll., VI, p. 656.

Pilz ausgebreitet, dünnhäutig, dem Substrate locker anhaftend, am Rande radial-faserig, von ockergelber bis lichtbräunlicher Färbung. Hymenium dicht, frisch fast wachsartig, trocken leicht zerbrechlich, glatt; Basidien keulenförmig, 10 bis 15 μ lang, 4 bis 6 μ breit; Sterigmen 4, sehr kurz, spitz kegelförmig. Sporen zylindrisch, an beiden Seiten abgerundet, unten mit seitlichem Spitzchen. 5 bis 7 μ lang, 3 bis 4 μ breit, mäßig derbwandig, glatt, schwach gelblich gefärbt, meist mit zusammengeschrumpften Inhalt. Subhymeniales und basales Gewebe spinnwebig, aus sehr locker verflochtenen Hyphen bestehend. Hyphen 4 bis 6 μ dick, zartwandig, glatt, mit zahlreichen, meist ringförmigen (siehe Fig. 3) Schnallen.

An Rinde und Holz von *Pinus* sp.

Die vorstehende Diagnose wurde nach einem Bresadola-schen Exemplar, das höchstwahrscheinlich richtig bestimmt ist, entworfen. Doch ist zu bemerken, daß Fries, was die Färbung des Pilzes betrifft, denselben als: »pallidum, rubellomaculatum« bezeichnet, was allerdings bei dem Bresadola'schen Exemplar nicht zutrifft, da dieser ockergelb bis hellbraun gefärbt ist und keine roten Flecke zeigt.

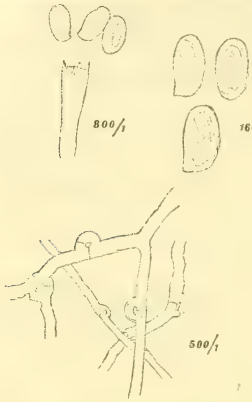


Fig. 3. *Corticium molle* Fries.

(Hypochnus mollis Fries var. *pellicula* ist nach Bres., Fungi polon., l. c. eine *Tomentella.)*

Der Pilz gehört in die Gruppe *C. byssinum, centrifugum* usw.

2. **Corticium mutabile** Bres., Fungi Trid., II, p. 58, t. 168, f. 2; Fungi polon., p. 95 (Saccardo, Syll., XVI, p. 191).

Exs.: Krieger, Fungi saxonici, Nr. 1806.

Pilz ausgebreitet; dünnhäutig, dem Substrate locker anhaftend, unterseits und am Rande spinnwebig wollig, anfangs rein weiß, später crême- bis ockerfarben. Hymenium geschlossen, weich, glatt, frisch fast wachsartig, trocken leicht zerbrechlich. Basidien keulenförmig, 10 bis 15 μ lang, 3 bis 4 (selten 5) μ breit, Sterigmen 4; pfriemenförmig, grade, 3 μ lang. Sporen verkehrt eiförmig oder länglich ellipsoidisch, an der Basis mit seitlichem Spitzchen; 3·5 bis 5 = 2 bis 2·5 μ, Membran zart, farblos, glatt, Inhalt gleichmäßig. Hyphen unregelmäßig, locker verwebt, 2·5 bis 5 μ dick, zartwandig, farblos, glatt, zum Teil inkrustiert oder nur locker mit kleinen, kurzen, stäbchenförmigen Krystallen von oxalsaurem Kalk bedeckt, mit Schnallen an den Septen (siehe Fig. 4).

An morschen Strünken, Ästen und Zweigen von *Picea excelsa* Lk.

Südtirol: Andolo; Sachsen: Königstein; Westfalen: Lengerich; Brandenburg: Triglitz in der Prignitz.

Bresadola's Diagnose dieser Art ist nicht ganz richtig, wie wir durch Untersuchung eines Originalexemplares feststellen konnten. Sowohl dieses als auch die von Krieger von dieser Art ausgegebenen Exemplare zeigen nicht: »verkehrt eiförmige, rauhe«, sondern: »länglich ellipsoidische, vollkommen glatte« Sporen; auch sind die Hyphen, besonders die basalen bis 5 μ dick.

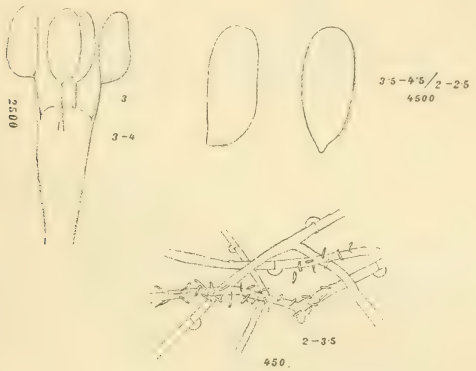


Fig. 4. *Corticium mutabile* Bres.

Der Pilz ist am nächsten wohl mit *Corticium ochroleucum* Bres. verwandt und kann leicht mit dieser Art verwechselt werden. Doch hat dieselbe »verkehrt eiförmige« Sporen und »dünnere, zartere und immer gelbliche« Hyphen. Makro- und mikroskopisch ist der Pilz — von den Cystiden abgesehen — höchst ähnlich der *Peniophora sublaevis* (Bres.) v. H. et L., so daß er fast den Eindruck einer cystidenlosen Form der letzteren Art erweckt, was aber doch nicht der Fall zu sein scheint.

3. **Corticium sphaerosporum** (Maire) v. H. et L.

Syn.: *Hypochnus sphaerosporus* R. Maire, Bull. de la Soc. Mycol., 1905, XXI, p. 164.

Pilz ausgebreitet; sehr zarte, spinngewebsartige bis dünnhäutige, dem Substrate locker anhaftende, am Rande gleichartige

oder allmählich verlaufende oder auch faserige, schneeweiße, später in der Mitte schwach gelbliche Überzüge bildend. Hymenium nicht geschlossen, mehlig bis krümmelig zerfallend. Basidien birn- oder keulenförmig, 8 bis 12 μ lang, 4 bis 5 μ breit. Sterigmen 4, pfriemenförmig, grade, 3 bis 5 μ lang. Sporen kugelig oder kugelig-eckig, grobwarzig, farblos, stets mit einem Öltröpfchen, 2 bis 3 μ im Durchmesser betragend oder 3 ≍ 2 bis 2·5 μ groß. Hyphen ziemlich regelmäßig, sehr zartwandig, glatt, farblos, 2 bis 4 μ dick, mit Schnallenbildungen. Basale

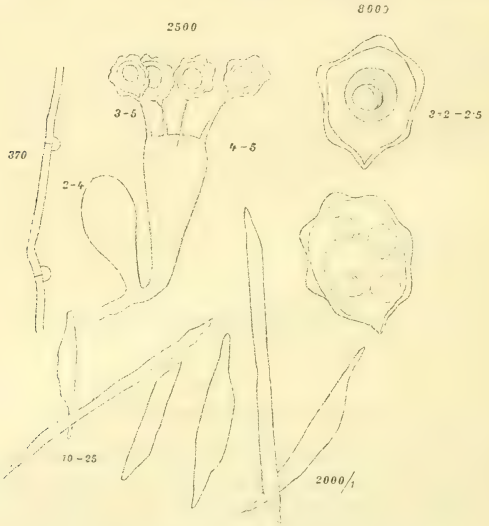


Fig. 5. *Corticium sphaerosporum* (R. Maire) v. H. et L.

Hyphen zum Teil zu adrig verzweigten Strängen vereint, welche durch das Hymenium des Pilzes durchscheinen. Hyphen zum Teil durch kleine Krystalle von oxalsaurem Kalk inkrustiert. Maschen des lockeren subhymenialen und basalen Gewebes des Pilzes von nadel- oder spindelförmigen, 10 bis 25 μ langen Krystallen erfüllt (siehe Fig. 5).

Auf bloßer Erde, morschem Holz u. dgl.

Frankreich: Nancy (Maire); Niederösterreich: Sattelberg bei Preßbaum, Wienerwald. (v. Höhnel).

Das Wienerwald-Exemplar stimmt mit dem Originalexemplar vollkommen überein. Die Originaldiagnose des Pilzes von Maire ist unzureichend; die Sporen des Pilzes werden von ihm falsch beschrieben. Sie sind nicht glatt, sondern so beschaffen, wie sie die der vorstehenden Diagnose beschrieben sind. Der Pilz ist dem Aussehen nach dem *C. centrifugum* (Lév) Bres. und *Corticium byssinum* (Karst.) Massee nicht unähnlich. Im seinem Bau zeigt er eine gewisse Ähnlichkeit mit *Grandinia helvetica* Fries. und *Corticium (Tomentella) araneosa* v. H. et L. Erstere Art unterscheidet sich durch ihre schwach gelblichen Sporen und Hyphen; diese sind auch dicker und letztere Art hat ausgesprochen länglich-ovale, zartwandige und feinstachelige Sporen.

4. **Peniophora ochroleuca** (Bres.) v. H. et L.

Syn.: *Coniophora ochroleuca* (Bres.), Jahresber. Westf. Prov.-Ver. f. Wissensch. u. Kunst, XXVI, 1898, p. 130.

Exs.: W. Brinkmann, Westf. Pilze, Nr. 28.

Pilz ausgebreitet; flockig-filzige, dem Substrate locker anhaftende, am Rande gleichartige, graugelbe bis ockerfarbene Überzüge bildend. Hymenium nicht geschlossen, sehr locker, samtartig, glatt; Basidien keulenförmig, 25 bis 30 μ lang, 8 bis 11 μ breit; Sterigmen 4, langpfriemenförmig, grade, 8 bis 12 μ lang, an der Basis 1·5 bis 2 μ dick. Sporen verkehrt eiförmig, an einer Seite abgeflacht, an beiden Enden verschmälert, fast mandelförmig; stets an der Basis mit sehr kräftigem Spitzchen; 11 bis 17 μ lang, 6 bis 8 μ breit. Membran mäßig dick, glatt, hellgelb gefärbt. Inhalt feinkörnig. Cystiden zahlreich, zylindrisch, nach oben verschmälert, am Scheitel stets abgerundet, selten septiert, etwas derbwandig, deutlich gelb gefärbt und glatt; nicht inkrustiert, 100 bis 185 μ lang, 6 bis 8 μ breit. Hyphen ziemlich unregelmäßig, 6 bis 8 (12) μ dick, derbwandig, von gelber Farbe, ohne Schnallen (siehe Fig. 6).

An morschem Eichenholz.

Deutschland: Lengerich in Westfalen (Brinkmann).

Diese wegen der schwach gelblichen Sporen von Bresadola als *Coniophora* beschriebene Art könnte wegen

der Cystiden höchstens als eine *Coniophorella* sp. betrachtet werden; sie weicht aber im Bau, in der Form und Farbe der Sporen, endlich auch in der Beschaffenheit der Cystiden und Hyphen so wesentlich von den Vertretern der letzteren Gattung ab, daß sie besser in der Gattung *Peniophora* untergebracht ist. Sie zeigt große Ähnlichkeit mit der *Peniophora crocea* (Karsten) v. H. et L. (siehe Ber. Wiener Akad, mathem.-naturw. Kl., Bd. CXV, p. 1574) und in mancher Beziehung

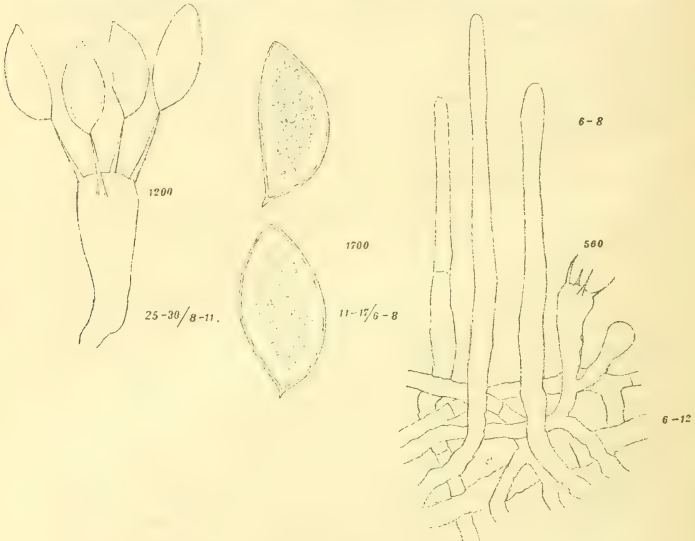


Fig. 6. *Peniophora ochroleuca* (Bres.) v. H. et L.

auch mit *Peniophora byssoidea* (Pers.) v. H. et L. Beide Pilze haben gleichfalls schwach gelbliche Sporen, Hyphen und Cystiden, doch sind sie schon durch die weit kleinere Sporen scharf von dem Bresadola'schen Pilze geschieden.

Sehr charakteristisch für denselben ist der vollkommene Mangel von Schnallen an den Septen der Hyphen; Bresadola gibt zwar im Gegenteil in seiner Diagnose das Vorhandensein solcher an; die genaue Untersuchung des Exemplares des Brinkmann-Exsikkates erwies jedoch die Unrichtigkeit dieser Angabe.

5. **Gloeopeniophora maculaeformis** (Fries?) v. H. et L.

Syn.: ? *Thelephora maculaeformis* Fries, Observ. Myc., I, p. 150; System. Myc., I, p. 454; Flora Dan., t. 1738, f. 2.

? *Corticium maculaeforme* Fries, Epicrisis, p. 565; Hym. Eur., p. 656; Saccardo, Syll., VI, p. 628.

Pilz fest angewachsen, anfangs kleine, aus den Lentizellen hervorbrechende, mehr oder weniger rundliche, selten unregelmäßig begrenzte, bis 3 *mm* breite, dünne, später zusammenfließende und dann ausgebreitete Fruchtkörper bildend. Am Rande kurz und undeutlich fein radialfaserig-mehlig, heller oder dunkler fleischrot,[1] an dicken Stellen violettgrau[2] bereift, gegen den Rand zu heller. Hymenium geschlossen, wachsartig-fest, etwas unregelmäßig flachwarzig, im Alter nicht oder nur stellenweise wenig zerrissen, aus Glöocystiden, *Peniophora*-cystiden und Basidien bestehend. Glöocystiden sehr zahlreich vorhanden, dichtstehend, meist mehr oder weniger keulenförmig, seltener eiförmig oder zylindrisch, am Scheitel fast durchwegs breit abgerundet, eingesenkt, 40 bis 60 μ lang, 10 bis 20 μ breit, dünnwandig, glatt, mit körnigem, hell rosafarbenem Inhalt erfüllt. *Peniophora*-Cystiden spärlich, ganz locker verteilt, von sehr verschiedener Gestalt, am Scheitel stumpf zugespitzt oder breit abgerundet, 15 bis 40 μ lang, 10 bis 15 μ breit, eingesenkt oder über die Oberfläche des Hymeniums etwas hervorragend, dickwandig, rauh, inkrustiert, farblos oder schwach gelblich, Basidien fast keulenförmig, 40 bis 50 μ lang, 6 bis 8 μ breit; Sterigmen 4, pfriemenförmig, fast grade, 7 bis 9 μ lang; Sporen länglich, zylindrisch, kaum gekrümmt, an einer Seite abgeflacht, mit seitlichem, basalen Spitzchen, 8 bis 10 μ lang, 3 bis 4 μ breit, farblos, zartwandig, glatt, mit gleichmäßigem Inhalt; Hyphen undeutlich, verklebt (siehe Fig. 7).

Die Exemplare, welche der vorstehenden Beschreibung des Pilzes zugrunde lagen, wurden von O. Jaap bei Triglitz in der Prignitz am 8. Juni 1908 auf glatter Rinde von *Alnus glutinosa* gesammelt.

[1] Siehe Nr. 28. Code C.

[2] Nr. 97 des Code des Couleurs von Klincksieck und Valette.

Wegen der vorhandenen Glöo- und *Peniophora*-Cystiden mußte der Pilz in die Gattung *Gloeopeniophora* gestellt werden. Er ist verwandt mit *Gl. incarnata* (Pers.) v. H. et L. und dieser auch im Aussehen etwas ähnlich; viel näher ist jedoch seine Verwandtschaft mit *Gloeopeniophora nuda* (Fries) v. H., welche mikroskopisch davon kaum verschieden ist. Von *Gl. nuda* unterscheidet sich derselbe hauptsächlich durch die frisch dunkelfleischrote Färbung und die violettgraue Bereifung, welche bei *Gl. nuda* weiß ist. Auch bleicht der Pilz nicht so stark aus, wie *Gl. nuda*. Bei der fast völligen mikroskopischen Gleichheit beider Pilze kann die beschriebene Art auch als Varietät zu *Gl. nuda* gezogen werden.

Fig. 7. *Gloeopeniophora maculaeformis* (Fries?) v. H. et L.

a) Glöocystiden,
b) *Peniophora*-Cystiden,
c) Basidien,
d) Sporen des Pilzes.

Die *Thelephora maculaeformis* Fries wurde von diesem Autor im Jahre 1815 aufgestellt (siehe Observ. Myc., I. p. 150). Wir finden den Pilz weiter auch in einigen seiner anderen mycologischen Werke angeführt, so in seinem Systema Myc., I, p. 454, Epicrisis, p. 564, und Hym. Eur., p. 656. Die Diagnose des

Pilzes an diesen Literaturstellen variieren etwas, insbesondere was die Angaben über die Farbe des Pilzes, beziehungsweise seines Hymeniums betrifft. In der Originaldiagnose bezeichnet er die Farbe des Pilzes als »pallide rosea«, in dem Syst. Myc. l. c. findet man sie als »caesio rosea« angegeben. In der Epicrisis endlich gibt Fries als allgemeine Farbe des Pilzes »subroseum« an, nennt aber das Hymenium »caesio pruinoso«. Diese letztere Angabe ist besonders wichtig. Durch sein blaugrau bereiftes Hymenium ist der Pilz vor allem gut gekennzeichnet und schon äußerlich, wie bereits oben ausgeführt, scharf von der ähnlichen *Gl. incarnata* (Pers.) v. H. et L. geschieden.

Der Pilz ist seit Fries verschollen gewesen. Man findet ihn in keinem der größeren Florenwerke angeführt. Er scheint tatsächlich sehr selten zu sein; auch uns, die wir jetzt schon Gelegenheit hatten, Tausende von Corticieen zu bestimmen, ist er erst einmal vorgekommen. Diese Exemplare stimmen so gut zur Fries'schen Diagnose, so daß wir wohl berechtigt zu sein glauben, sie als identisch mit dem Fries'schen Original von *Thelephora maculaeforme* anzusehen. Quélet zieht in seiner Flore Myc., p. 7, die *Thelephora maculaeformis* Fries als Synonym zu *Corticium polygonium* Pers., was sich jedoch schon nach der Beschreibung, die Fries von seinem Pilz gibt, kaum rechtfertigen läßt. Der von Britzelmayr (siehe Zur Hymenomycetenkunde, III, Bot. Zentralbl. 1897 [XVIII], 29, 93. T., f. 92) als *Corticium maculaeforme* Fries bezeichnete Pilz ist, nach seiner Beschreibung und Abbildung zu schließen, höchstwahrscheinlich *Corticium laeve* Pers., sicher jedoch nicht der Fries'sche Pilz.

Nach Bresadola in litt. ist das Originalexemplar von *Corticium maculaeforme* in Fries' Herbar nichts anderes als ein Jugendstadium von *C. polygonium*. Da sich aber in anderen Fällen gezeigt hat, daß Fries'sche Originalexemplare derselben Art voneinander verschiedene Arten sind, die betreffende Feststellung schon vor längerer Zeit erfolgte und unser Pilz mit jungen Exemplaren von *C. polygonium* eine große Ähnlichkeit aufweist, so wäre eine wiederholte Prüfung des Fries'schen Originals wünschenswert.

6. **Tomentella fusca** (Pers.) Schroeter. Die Pilze Schlesiens, p. 419 (1796).

Syn.: *Corticium fuscum* Pers., Observ., I, p. 38; Fries, Hym. Europ., p. 651; Winter, Pilze, I, p. 335; Saccardo, Syll., p. 613.

Thelephora fusca Fries, Syst. myc., I, p. 451; Elench. Fung., p. 201.
Hypochnus fuscus Pers. Fries, Observ., II, p. 280; Bres., Hym. Kmet., p. 50.
Hypochnus fuscus Karsten, Symb. Myc. Fenn., VIII, p. 13 (Saccardo, Syll., VI, p. 662). siehe v. Höhnel et Litschauer, Beitrag zur Kenntnis der Corticieen, I, p. 23.
Hypochnus fuscus (Pers.) Karsten var. *radiosus* Karsten, Symb. Myc. Fenn., XI, p. 71 (Saccardo, Syll., VI, p. 662), siehe v. Höhnel et Lischauer, l. c.
Thelephora vinosa Pers., Syn., p. 578; Albertini et Schwein., Consp. Fung., p. 281.
Corticium vinosum (Pers.) Quélet, Flore Myc., p. 8
Thelephora umbrina-ββ-*lignatilis* Albertini et Schwein., l. c.
Hypochnus umbrinus Quélet, Flore Myc., p. 2.
Corticium umbrinum Fries, Hym. Eur., p. 658, pr p.
Hypochnus obscuratus Karsten, Hedwigia 1896, p. 46 pr. p., siehe v. Höhnel et Lischauer, l. c.
Hypochnus fuscellus Saccardo, Syll., VI, p. 662.

Exs.: W. Brinkmann, Wesf. Pilze, Nr. 72, sub *Hypochnus fumosus*.

Pilz ausgebreitet, dünnhäutig bis schwach filzig, anfangs hellviolett bis schokoladebraun, später umbrabraun, gegen den radialfaserigen Rand allmählich in Gelb und schließlich Weiß übergehend. Hymenium dicht, fast geschlossen, glatt; Basidien schwach keulenförmig, 7 bis 9 μ breit, farblos; Sterigmen 4, pfriemenförmig, etwas gebogen, 1 bis 3 μ lang, am Grunde 2 μ dick; Sporen eckig-rundlich, selten eckig kugelig, meist eckig-oval oder ellipsoidisch, oft ganz unregelmäßig, dünnwandig, warzig bis kurzstachelig, 6 bis 11 = 5 bis 8 μ groß, hellbraun mit einem Stich ins Violette, ein bis mehrere Öltropfen einschließend. Hyphen unregelmäßig verzweigt, mit Schnallen, aber nicht an jeder Querwand; subhymeniale Hyphen 4 bis 6 μ dick, zartwandig, fast farblos; basale Hyphen derber, bis 10 μ dick, hell gelbbraun.

An alten Baumstrünken, Stämmen, Zweigen, Holz, Moos u. dgl.

Diese von Persoon bereits 1796 aufgestellte Art ist, wie aus der vorstehenden Synonymie derselben zu ersehen ist, später noch mehreremal als eigene neue Art beschrieben worden und doch ist dieselbe eigentlich schon makroskopisch an der Art des Wachstums, der Farbe und der Beschaffenheit des Randes verhältnismäßig leicht zu erkennen. Daß diese Art überhaupt auch sehr oft falsch bestimmt wird, konnten wir angelegentlich der Revision der Corticieen verschiedener Herbarien beobachten. Insbesondere fanden wir sie öfter als *Thelephora crustacea* Schum., als *Tomentella ferruginea* (Pers.) Schr., auch als *Tomentella sulphurea* (Pers.) Karst. bestimmt vor. Andrerseits konnten wir auch nachweisen, daß des öfteren die *Tomentella subfusca* (Karst.) v. H. et L. als *Tomentella fusca* (Pers.) Schr. bezeichnet war. Bei genauer mikroskopischer Untersuchung ist jedoch die letztere Art kaum mit einer anderen zu verwechseln. An den immer schön eckig-rundlichen, bräunlichvioletten Sporen, den fast farblosen, zarten, subhymenialen und derberen, dunkel braunvioletten, basalen Hyphen ist sie stets sicher zu erkennen.

7. **Tomentella subfusca** (Karsten) v. H. et L., Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Abt. I, Bd. CXV, p. 1572 (1906).

Syn.: *Hypochnus subfuscus* Karsten, Hattsv., II, p. 163.

Pilz ausgebreitet, flockig-filzig, selten fast häutig, am Rande gleichartig, umbrabraun mit schwachviolettem Stich; Hymenium locker, nicht geschlossen, meist pulvrig, wenn dichter, dann oft etwas grob- und stumpfwarzig; Basidien schwach keulenförmig, farblos, 8 bis 10 μ breit; Sterigmen vier, pfriemenförmig, gebogen, 3 bis 4 μ lang, am Grunde etwa 2 μ dick; Sporen kugelig, oft auf einer Seite abgeflacht, dünnwandig, mit hyalinen, 1·5 bis 2 μ langen Stacheln, deutlichem Spitzchen, einen Öltropfen bergend, 8 bis 9 μ im Durchmesser betragend; Hyphen rechtwinklig verzweigt, kurzgliedrig, fast ausnahmslos an jeder Querwand mit Schnalle, 6 bis 8 μ dick; subhymeniale Hyphen zarter und heller gefärbt; basale Hyphen derber und dunkler. Sporen und Hyphen umbrabraun mit schwach violettem Stich.

An Baumstrünken, Ästen, Holz, Moos, am Boden etc.

Das Originalexemplar dieser Art konnten wir leider nicht untersuchen. Es scheint im Herbar Karsten nicht mehr vorhanden zu sein.

Dagegen stießen wir bei unseren Corticieenrevisionen immer wieder auf eine schöne, scheinbar nicht seltene *Tomentella* sp., welche mit keiner der uns bekannten Arten zu identifizieren war, dem Aussehen nach noch am nächsten der *Tomentella fusca* (Pers.) Schr. stand. Sehr gut aber stimmte dieser Pilz, welchen wir übrigens auch selbst mehrere Male gesammelt haben, auf die Diagnose von Karsten's *Hypochnus subfuscus*. Höchstwahrscheinlich ist er auch letztere Art.

Er ist sehr leicht an den schön rechtwinklig verzweigten, sehr gleichmäßig dicken, kurzgliedrigen Hyphen zu erkennen, welche in auffallender Weise fast an jeder Septe eine Schnalle aufweisen, ferner an den ausgesprochen kugeligen, langstacheligen, umbrabraunen bis etwas violetten Sporen zu erkennen.

Von *Tomentella fusca* (Pers.) Schr. ist er schon äußerlich zu unterscheiden an der flockig filzigen, nie ausgesprochen häutigen Beschaffenheit und dem immer gleichartigen, nie radial weißfaserigen Rande.

8. **Tulasnella (Gloeotulasnella) hyalina** v. H. et L. n. sp. (siehe Wiesner-Festschrift, p. 59; v. H. et L., Österr. Corticieen).

Pilz unregelmäßig ausgebreitete, äußerst zarte, frisch gallertige, trocken kaum sichtbare, matte, schwach rötliche Überzüge bildend. Hymenium nicht geschlossen, Basidien keulenförmig, 12 bis 15 μ lang, 4 bis 7 μ breit; Sterigmen vier, länglich, verkehrt eiförmig, meist auf einer Seite etwas abgeflacht, 8 bis 11 μ lang, 4 bis 6 μ breit; Sporen kugelig oder fast kugelig, selten eiförmig, stets mit deutlichem Spitzchen; Membran zart, glatt, farblos; Inhalt sowie derjenige der Sterigmen feinkörnig, 4 bis 6 μ im Durchmesser betragend, selten bis 7 μ lang und 4 μ breit. Cystiden zylindrisch, spindelförmig oder von sehr unbestimmter unregelmäßiger Gestalt,

am Scheitel meist stumpf, locker angeordnet, 15 bis 30 μ lang, 8 bis 12 μ breit, zartwandig, glatt, mit entweder gleichmäßigem farblosem Inhalt oder mit zahlreichen kleinen Öltröpfchen. Hyphen undeutlich, 2 bis 3 μ dick, dünnwandig, farblos, glatt. Schnallen nicht gesehen (siehe Fig. 8).

Fig. 8. *Tulasnella (Glocotulasnella) hyalina* v. H. et L.

Auf morscher Tannenrinde.

Rekawinkel-Dürrwien. Wienerwald, 28. Juli 1907 (v. Höhnel).

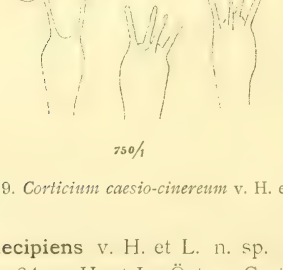
Diese neue Art ist viel zarter als die von uns früher (Sitzungsber. der Wiener Akad., mathem.-naturw. Klasse, Bd. CXV, p. 1557) beschriebene *Glocotulasnella cystidiophora* v. H. et L., unterscheidet sich weiter auch von dieser durch die weit schmäleren Basidien, längeren Sterigmen, kleineren Sporen und den nicht gelben, sondern hyalinen Inhalt der Glöocystiden.

9. **Corticium caesio-cinereum** v. H. et L. n. sp.

Pilz ausgebreitet; frisch fast wachsartig-fleischig, trocken zusammenfallend, mehlig, krümmelig bis dünnhäutig, nie spinnwebeartig, am Rande gleichartig, dem Substrate fest anliegend, von blaugrauer bis gelbgrauer Farbe. Hymenium geschlossen, glatt, nicht zerreißend; Basidien weniger keulen-, mehr krugförmig, 8 bis 10 μ breit; Sterigmen 2 bis 4, dünnwalzenförmig, grade, 5 bis 10 μ lang; Sporen kugelig, mit deutlichem Spitzchen; Membran zart, farblos, glatt; Inhalt mehrere Öltröpfchen bergend, granuliert aussehend; 6 bis 8 μ im Durchmesser betragend. Hyphen farblos, undeutlich, ganz verklebt (siehe Fig. 9).

Auf morschem Laubholz.

Westfalen: Lengerich, leg. W. Brinkmann.



750/1

Fig. 9. *Corticium caesio-cinereum* v. H. et L.

10. **Corticium decipiens** v. H. et L. n. sp. (siehe Wiesner-Festschrift, p. 64; v. H. et L., Österr. Corticieen).

Pilz ausgebreitet, zart, krümmelig bis dünnhäutig; dem Substrate ziemlich locker anhaftend; am Rand gleichartig oder mehlig, dann allmählich verlaufend, von reinweißer Farbe; Hymenium fast geschlossen, glatt, etwas zerreißend; Basidien angeschwollen, keulenförmig, 12 bis 14 μ lang, 4 bis 6 μ breit; Sterigmen vier, pfriemenförmig, grade, 2 bis 4 μ lang; Sporen oval oder ellipsoidisch, auf einer Seite abgeflacht, mit deutlichem basalen und seitlichen Spitzchen; Membran zart, glatt, farblos, Inhalt gleichmäßig, 5 bis 7 = 2 bis 3 μ groß; Hyphen ziemlich

regelmäßig, locker verwebt, glatt, zartwandig, farblos, ohne Schnallen, 2 bis 4 μ dick.

An morschem Laub- und Nadelholz.

Wienerwald: Gelber Berg und Georgenberg bei Purkersdorf und am Weg zwischen Rekawinkel und Kronstein, leg. v. H. et L.

Der Pilz ist dem Aussehen nach ähnlich dem *C. byssinum* (Karst.) Massee, dann *C. centrifugum* (Lév.) Bres. und *C. mucidum* (Schroet.) v. H. et L.

Die erstere Art hat jedoch fast kugelige Sporen und ist unterseits viel stärker wollig-filzig, die zweite Art ist viel mehr spinngewebeartig und besitzt Schnallen an den Hyphen, die letzte Art wieder ist viel zarter, schimmelartig und hat breitere Sporen (bis 4 μ) und dickere Hyphen (bis 6 μ).

11. **Corticium niveo-cremeum** v. H. et L. n. sp. (siehe Wiesner-Festschrift, p. 65; v. H. et L., Österr. Corticieen).

Pilz ausgebreitet, zart, krümmelig bis dünnhäutig, dem Substrate fest anliegend, am Rande gleichartig, von weißer bis crêmegelber Farbe; Hymenium geschlossen, glatt, stark zerreißend; Basidien keulenförmig, 6 bis 8 μ breit; Sterigmen vier (selten sechs), pfriemenförmig, gerade, 4 bis 6 μ lang; Sporen länglich ellipsoidisch, an einer Seite abgeflacht, mit seitlichem basalen Spitzchen, farblos, zartwandig, glatt, mit gleichmäßigem Inhalt, 7 bis 8 ≃ 3 bis 4 μ groß; Hyphen unregelmäßig, zartwandig, glatt, farblos, mit Schnallen an den Scheidewänden, 4 bis 5 μ dick.

An morschem Buchenholz.

Wienerwald: Saagberg bei Unter-Tullnerbach, 11. März 1905, leg. v. Höhnel.

Im Aussehen sehr ähnlich dem *C. geogenium* Bres., *C. cremeo-album* v. H. et L. und *C. albo-cremeum* v. H. et L., alle drei jedoch mikroskopisch leicht davon zu unterscheiden. Denn die erstere Art hat fast runde, 8 bis 9 ≃ 5 bis 6 μ große Sporen die zweite zylindrische, 10 bis 14 ≃ 5·5 bis 6·5 μ große Sporen und letztere Art wieder fast kugelige, 7 bis 10 μ lange und 5 bis 6·5 μ breite Sporen und 8 bis 12 μ dicke Hyphen.

12. **Corticium tulasnelloideum** v. H. et L. n. sp.

Pilz ausgebreitet; sehr zarte, fast hauchartige, mehlige bis fast dünnhäutige, dem Substrate fest anliegende, am Rande gleichartige bis allmählich verlaufende, mausgraue (Saccardo, Chromotaxia, Nr. 3: *Murinus*) bis bleigraue (Saccardo, l. c., Nr. 44: *Plumbeus*) Anflüge bildend. Hymenium glatt, geschlossen. Basidien breit keulenförmig, 6 bis 7 μ breit; Sterigmen 4; pfriemenförmig, grade, 7 bis 9 μ lang; Sporen eiförmig, bis fast kugelig auf einer Seite abgeflacht, mit basalem, seitlichen Spitzchen. Membran farblos, zart, deutlich rauh bis fast kurzstachelig, 3·5 bis 6 μ lang, 3 bis 4·5 μ breit. Hyphen undeutlich, verklebt, farblos (siehe Fig. 10).

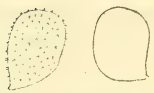


Fig. 10. *Corticium tulasnelloideum* v. H. et L.

An Erlen und Buchenrinde.

Westfalen Lengerich, leg. Brinkmann.

Der frische Pilz ist mehr bläulich, soll nach Brinkmann in litt. der *Tulasnella Eichleriana* Bres. im Aussehen sehr ähnlich sein.

13. **Tomentella papillata** v. H. et L. (= *Hypochnus Jaapii* Bres. in litt).

Pilz ausgebreitet, frisch fleischig, trocken dickhäutig, im Alter vom Substrate sich stellenweise ablösend, Rand meist scharf begrenzt, faserig-flockig. Hymenium dicht grobwarzig, fast geschlossen; von rostbrauner Farbe[1], am Rande heller. Basidien zylindrisch, 5 bis 7 μ breit; Sterigmen vier; sehr kurz. Sporen eckig-kugelig oder ellipsoidisch oder unregelmäßig eckig; gelbbraun, dünnwandig, lang hyalinstachelig, mit großem Öltropfen; 8 bis 10 μ im Durchmesser betragend oder 8 bis 11 ≍ 7 bis 10 μ groß. Hyphen unregelmäßig verzweigt, dünnwandig,

[1] Nr. 108 des Code des Couleurs von Klincksiek et Valette.

glatt, mit spärlichen Schnallen. Subhymeniale Hyphen fast farblos, 3 bis 4 μ dick, basale schwach bräunlich, bis 6 μ dick.

Auf morschem Laubholz.

Westfalen: Lengerich, leg. W. Brinkmann 1907.

Namenverzeichnis.

Seite

Aleurodiscus javanicus P. Henn. 1096
» *Lepra* (B. et Br.) v. H. et L. 1098
» *Peradeniyae* (B. et Br.) P. Henn. 1096
» *sparsus* (Berk.) v. H. et L. 1099
Asterostromella epiphylla (Pers.?) v. H. et L. 1082
» *investiens* (Schw.) v. H. et L. 1083
Athelia byssoides (Pers.) 1084
Coniophora byssoidea (Pers.) Fr. 1085
» *eradians* Fr. 1097
» *fumosa* Karst. 1096
» *ochroleuca* Bres. 1107
» *Petersii* (B. et C.) v. H. et L. 1087
Coniophorella byssoidea (Pers.) Bres. 1085
» *olivacea* (Fr.) Karst. 1096
Corticium albo-cremeum v. H. et L. 1117
» *albo-flavescens* E. et Ev. 1087
» *(Peniophora) Allescheri* Bres. 1081
» *alutarium* B. et C. 1082
» *(Tomentella) araneosum* v. H. et L. 1107
» *aurantiacum* Bres. 1093
» *byssinum* (Karst.) Massee 1091, 1107
» *byssoideum* Fr. 1085
» *caesio-cinereum* v. H. et L. 1116
» *centrifugum* (Lév.) Bres. 1091, 1107
» *confluens* Fr. 1083
» *cremeo-album* v. H. et L. 1117
» *decipiens* v. H. et L. 1116
» *Eichlerianum* Bres. 1082
» *flavescens* Bon. sensu Fckl. 1082
» » Bres. 1082

Seite

Corticium fuscum Pers. 1112
» *frustulosum* Bres. 1082
» *geogenium* Bres. 1117
» *investiens* (Schw.) Bres. 1082
» *javanicum* (P. Henn.) Sacc. et Syd. 1096
» *jonides* Bres. 1083
» *lacunosum* B. et Br. 1084
» *laeve* Pers. 1111
» *Lepra* Massee 1098
» *luteum* Bres. 1085
» *maculaeforme* Fries. 1109, 1111
» *Martellianum* Bres. 1086
» *molle* Fr. 1103
» *Mollerianum* Bres. 1092
» *mucidum* (Schroet.) v. H. et L. 1117
» *mutabile* Bres. 1104
» *niveo-cremeum* v. H. et L. 1117
» *niveum* Bres. 1086
» *ochroleucum* Bres. 1105
» *Peradeniyae* B. et Br. 1096
» *Petersii* B. et C. 1086
» *polygonium* Pers. 1111
» *(Gloeocystidium) praetermissum* Karst. var. *Bourdotii* Bres. 1087
» *radicatum* P. Henn. 1092
» *serum* Pers. 1086
» *sordidum* Karst. 1088
» *sphaerosporum* (Maire) v. H. et L. 1105
» *sublaeve* Bres. 1088
» *subsulphureum* Karst. 1093
» *tomentelloides* v. H. et L. 1089
» *trigonospermum* Bres. 1090, 1091
» *tulasnelloideum* v. H. et L. 1118
» *umbrinum* Fr. 1112
» *vinosum* (Pers.) Quél. 1112
Diplonema sordescens Karst. 1085
Gloeocystidium albo-stramineum (Bres.) v. H. et L. 1097

Seite

Glococystidium argillaceum (Bres.) v. H. et L. 1094, 1095
» *Bourdotii* Bres. 1087
» *clavigerum* (Bres.) v. H. et L. 1095
» *clavuligerum* v. H. et L. 1095
» *inaequale* v. H. et L. 1088
» *luridum* (Bres.) v. H. et L. 1085
» *luteum* (Bres.) v. H. et L. 1085
» *oleosum* v. H. et L. 1096
» *pallidulum* (Bres.) v. H. et L. 1096
» *praetermissum* (Karst.) v. H. et L. 1095
Glocopeniophora Allescheri (Bres.) v. H. et L. 1082
» *aurantiaca* (Bres.) v. H. et L. 1094
» *incarnata* (Pers.) v. H. et L. 1110
» *maculaeformis* (Fr.?) v. H. et L. 1109
Gloeotulasnella cystidiophora v. H. et L. 1115
Gonatobotrys pallidula Bres. 1096
Grandinia helvetica Fr. 1107
» » (Pers.) Fr. 1089
Hypochnus albo-stramineus Bres. 1097
» *chalybeus* (Pers.) Bres. 1103
» *crustaceus* (Schum.) 1101, 1102
» *eradians* (Fr.) Bres. 1098
» *fumosus* 1112
» *fuscellus* Sacc. 1112
» *fuscus* (Pers.) Karst. 1112
» » var. *radiosus* Karst. 1112
» *Jaapii* Bres. 1118
» *mollis* (Fr.) 1103
» » var. *pellicula* 1104
» *muscorum* Schroet. 1085
» *obscuratus* Karst. 1112
» *setosus* Schroet. 1085
» *sordidus* Schroet. 1088
» *sphaerosporus* Maire 1105
» *strigosus* var. *filamentosus* Wallr. 1085
» *subfuscus* Karst. 1113, 1114
» *umbrinus* Quél. 1112

Seite

Kneiffia Allescheri Bres. 1081
» *argillacea* Bres. 1094
» *aurantiaca* Bres. 1093
» *avellanea* Bres. 1094
» *carneola* Bres. 1094, 1095
» *clavigera* Bres. 1095
» *farinosa* Bres. 1095
» *Molleriana* Bres. 1092
» *tomentella* Bres. 1085
Merisma cristatum Pers. 1102
» » β *fuscum* Alb. et Schw. 1102
» *penicillata* Pers. 1102
Odontia conspersa Bres. 1091
» » var. *crystallina* v. H. et L. 1092
Peniophora Aegerita (Hoffm.) v. H. et L. 1095
» *albo-straminea* (Bres.) v. H. et L. 1091
» *Allescheri* (Bres.) Sacc. et Syd. 1081
argillacea Bres. 1094, 1095
» *aurantiaca* (Bres.) v. H. et L. 1093
» *avellanea* (Bres.) v. H. et L. 1094
byssoidea (Pers.) v. H. et L. 1084, 1108
» *carneola* (Bres.) v. H. et L. 1094
» *chaetophora* v. H. et L. 1100
cremea (Bres.) v. H. et L. 1081, 1086
crocea (Karst.) v. H. et L. 1108
crystallina v. H. et L. 1091, 1092
» *farinosa* (Bres.) v. H. et L. 1095
» *laevis* (Fr.) v. H. et L. 1086
» *Martelliana* (Bres.) Sacc. 1086
» *mimica* Karst. 1093
Molleriana (Bres.) Sacc. 1092
» *ochroleuca* (Bres.) v. H. et L. 1107
pubera (Fr.) Massee 1094, 1095
» *radicata* (P. Henn.) v. H. et L. 1092, 1093
» *Roumeguèrii* Bres. 1092
serialis (Fr.) v. H. et L. 1088
» *sordida* (Karst.) sensu Brink 1088

Seite

Peniophora sordida (Schroet.) v. H. et L. 1088, 1097
» *sordidella* v. H. et L. 1088
» *sparsa* (B. et Br.) Cke. 1100
» *subglebulosa* v. H. et L. 1100
» *sublaevis* (Bres.) v. H. et L. 1088, 1105
» *subsulphurea* (Karst.) v. H. et L. 1093
» *unicolor* Peck 1093
» *velutina* (D. C.) v. H. et L. 1082
Radulum investiens Schw. 1082
Sebacina incrustans (Tull.) 1102
» *laciniata* (Bull.) Bres. 1102
Stereum Lepra B. et Br. 1098
» *sparsum* Berk. 1099
» » B. et Br. 1099, 1100
Thelephora byssoides (Pers.) 1084
» *cristata* Fr. 1102
» » Pers. 1102
» *crustacea* Schum. 1101, 1102, 1103
» *eradians* Fr. 1097, 1098
» *fastidiosa* Fr. 1102
» *fusca* Fr. 1112
» *maculaeformis* Fr. 1109, 1110
» *mollis* Fr. 1103
» *mollisima* Pers. 1101, 1102
» *penicillata* (Pers.) Fr. 1101, 1102
» *sebacea* Pers. 1102
» *spiculosa* Fr. 1101, 1102, 1103
» *terrestris* Ehrb. 1098
» *umbrina* Pers. 1102
» » β *lignatilis* Alb. et Schw. 1112
» *vinosa* Pers. 1112
Tomentella chalybea (Pers.) v. H. et L. 1101
» » » sensu Bres. 1102
» *crustacea* (Schum.) v. H. et L. 1101, 1102
» *ferruginea* (Pers.) Schroet. 1113
» *fusca* (Pers.) Schroet. 1101, 1112, 1113
» *isabellina* (Fr.) v. H. et L. 1091

Seite

Tomentella macrospora v. H. et L. 1101
» *obducens* Karst. 1085
» *papillata* v. H. et L. 1118
» *pellicula* (Fr.) Bres. 1091
» *subfusca* (Karst.) v. H. et L. 1101, 1113
» *sulphurea* (Pers.) Karst. 1101, 1113
» *trigonosperma* (Bres.) v. H. et L. 1090, 1091
Tulasnella Eichleriana Bres. 1118
» *(Gloeotulasnella) hyalina* v. H. et L. 1114

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. IX. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Der Thallus von Balanophora, anatomisch-physiologisch geschildert

von

Max Strigl,
gew. Assistent am botanischen Institut der k. k. Universität Innsbruck.

Aus dem botanischen Institut der k. k. Universität Innsbruck.

(Mit 3 Tafeln und 9 Textfiguren.)

Untersuchungen, ausgeführt unter Benützung der von Prof. Dr. E. Heinricher von seiner Studienreise nach Java mitgebrachten Materialien.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Oktober 1908.)

In seiner Abhandlung »Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Balanophora*« schildert Heinricher[1] den Entwicklungsgang unserer Kenntnisse vom Thallus der *Balanophora* und gibt derselbe ein Resumé über die verschiedenen Auffassungen, welche einerseits deren Knollen als solche in morphologischer, beziehungsweise in biologischer Hinsicht, andrerseits die die Knollen durchziehenden Nährwurzeläste erfahren haben. Sodann verdanken wir den Untersuchungen, welche Heinricher an *B. globosa* und *B. elongata* anstellte, vor allem eine präzise Bezeichnungsweise in der Schilderung des anatomischen Baues der *Balanophora*-Knolle, während die bisher übliche Terminologie in manchen Punkten vag oder direkt unrichtig war.

Vorliegende Arbeit bildet eine Fortsetzung der eben zitierten Schrift. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Prof. Dr. E. Heinricher, für die erteilten Winke und Ratschläge den verbindlichsten Dank auszusprechen.

Ich teile die Arbeit der besseren Übersicht halber in folgende Kapitel:

[1] Diese Sitzungsberichte, 1907, p. 439 ff.

I. Orientierung über den primären Sitz und die sekundäre Ausbreitung des Thallus von *Balanophora*.

II. Gestalt und Inhalt der Thalluszelle. Näheres über das Vordringen des Thallus und dessen Einfluß auf das Gewebe der Wirtspflanze.

III. Die Verbindung von Thallus und Knollengewebe. Zusammenfassende Charakterisierung des Thallus als Absorptionsgewebe des Parasiten.

IV. Die Bildung neuer Thalluselemente. Embryonales Parasitengewebe oberhalb der Spitzen von Nährwurzelästen.

V. Die Beziehungen der knolleneigenen Leitbündel zu den Nährwurzelästen und die Verteilung beider in der Knolle.

Zur Untersuchung gelangten Knollen von *B. globosa* und *B. elongata*, beiderlei Arten samt Stücken der zugehörigen Nährwurzel.[1] Außerdem verfügte ich über Knollen einer unbestimmten Art, welche mit einer größeren Sendung von Knollen der *B. globosa* im Mai 1907 durch die Güte des Herrn Direktors des botanischen Gartens zu Buitenzorg, Dr. M. Treub, in den Besitz des botanischen Institutes zu Innsbruck kamen.[2]

Der Methodik halber sei noch die Bemerkung vorausgeschickt, daß die der Arbeit zugrunde liegenden Beobachtungen

---

[1] Diese Objekte bot die Sammlung, welche Prof. Heinricher in Java erwarb. A. Von *Balanophora globosa* untersuchte ich: *a)* eine Knolle von zirka $2^1/_2$ *cm* Durchmesser; *b)* eine Knolle von annähernd gleicher Größe, beim Einsammeln zerstückelt und so in Sublimat-Alkohol fixiert; *c)* ein Knöllchen von $1^1/_2$ *cm* Dicke; *d)* ein Knollenstück mit junger ♀ Infloreszenz (Fig. 1 auf Taf. III); *B.* von *B. elongata*: *a)* eine Knolle von $2^1/_2$ *cm* Längen- und $1^1/_2$ *cm* Dickendurchmesser; *b)* ein Knöllchen von 1 *cm* Durchmesser, fixiert mit Sublimat-Alkohol (es ist das in Tafelfig. 3 bei Heinricher, l. c., links abgebildete Knöllchen); *c)* den 1 *cm* dicken Seitenast eines größeren Knollenaggregates; *d)* ein Knollenstück mit ♀ Infloreszenz (Fig. 2, Taf. III).

[2] Laut brieflicher Mitteilung Dr. Treub's war diese Art in Buitenzorg bisher unbekannt. Dem Habitus nach ähneln die Knollen stark der *B. multibrachiata* Fawcett (vgl. Fawcett, »On new species of Balanophora and Thonningia« in The Transactions of the Linnean Society of London, Ser. 2, Vol. II, Pl. 34, Fig. 15). Da jedoch die Identität nicht sichergestellt ist, soll diese Art, wo ihrer im Verlauf der Abhandlung Erwähnung geschieht, als *Balanophora* sp. (*B.* sp.) von der *B. globosa* und *B. elongata* unterschieden werden. Ein verarbeitetes Endstück eines Knollenastes dieser *B.* sp. mit ♀ Infloreszenz zeigt Fig. 3 auf Taf. III.

an Freihandschnitten gemacht wurden, die ich, um besseren Einblick zu gewinnen, mittels Äther vom Balanophorin[1] befreite. Wo aus speziellen Gründen eine Ätherbehandlung unterblieb, habe ich dies im Texte vermerkt.

I. Orientierung über den primären Sitz und die sekundäre Ausbreitung des Thallus von Balanophora.

Die Existenz eines intramatrikalen Thallus bei *Balanophora* in den außerhalb der Knolle gelegenen Nährwurzelpartien, wie ihn Beccari[2] für *B. reflexa* und Solms-Laubach[3] außerdem auch für *B. indica* beschreiben, ist durch die Untersuchungen Heinricher's an *B. globosa* und *B. elongata* stark in Frage gestellt. Heinricher schreibt:[4] »Erst in der Region, wo die Wurzel seitlich bereits vom Knollenparenchym der *Balanophora (globosa)* begrenzt war, konnte ein Thallus nachgewiesen werden. Seine sehr großzelligen Elemente sind recht auffallend und weit verschieden von den Thalluszellen der Rafflesiaceen und den Abbildungen, die Beccari vom intramatrikalen *Balanophora*-Thallus gibt«. Desgleichen für das sehr jugendliche Knöllchen von *B. elongata* (Tafelfig. 3, links, in seiner Abhandlung): »In keinem Schnitte (durch die Nährwurzel) wurden Thalluszellen gefunden, nur in der knöllchenartig verdickten, zum Schlusse untersuchten Partie unter der *Balanophora* waren solche vorhanden«.

Es war darum von Interesse, das Verhalten der zwar unbekannten, aber von *B. globosa* und *B. elongata* jedenfalls verschiedenen javanischen *Balanophora*, von der ich oben Erwähnung machte, zu prüfen. Ich untersuchte eine Nähr-

[1] Balanophorin ist bekanntlich jene von Goeppert so benannte harz- oder wachsähnliche Substanz, welche das Knollenparenchym von *Balanophora* in strotzender Menge erfüllt (vgl. Goeppert, »Über den Bau der Balanophoren sowie über das Vorkommen von Wachs in ihnen und anderen Pflanzen« in Acta acad. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur., Vol. XVIII, Suppl. p. 236).

[2] Beccari, »Illustrazione di nuove specie di piante Bornensi: Balanophoreae« in Estratto dal Nuovo Giornale Botanico Italiano, Nr. 2 (1869), Firenze.

[3] Solms-Laubach, »Das Haustorium der Loranthaceen und der Thallus der Rafflesiaceen und Balanophoreen« (Abhandlungen der Naturf. Gesellsch., Bd. XIII).

[4] Heinricher, l. c., p. 445 bis 447.

wurzel an Querschnitten in der Entfernung von einigen Zentimetern vom Ansatzpunkt der Knolle und verfolgte hierauf jeden Schnitt bis zur Ansatzstelle. Keiner zeigte Thalluselemente. Erst die hypertrophische Partie unter der Knolle erwies sich reichlich durchsetzt von Thallus. Es bestätigt sich sonach auch an dieser *B.* sp., daß eine Ausbreitung des Thallus auf irgend weitere, außerhalb der Knolle befindliche Bezirke der Nährwurzel nicht stattfindet.

Da es nach Heinricher für *B. globosa* und *B. elongata* zum mindesten »sehr wahrscheinlich ist, daß jede Knolle einem Samen ihren Ursprung verdankt«,[1] welche Ansicht ich auch auf die *B.* sp. ausdehne, sind die an der bezeichneten Stelle gelegenen Thallusmassen als der primäre Thallus anzusehen. Als Anfangsprodukt der Samenkeimung üben sie auch als erste, gegenüber später hinzukommenden homologen Elementen, die Funktionen eines Thallus aus.

Von diesem verhältnismäßig sehr eingeschränkten Raume breitet sich nun der Thallus innerhalb sämtlicher in die Knolle hinein und mit derselben mitwachsenden Nährwurzelausstrahlungen aus.[2] Den gesamten, in den Nährwurzelästen wuchernden Thallus können wir als sekundären dem Primärthallus gegenüberstellen, da er einerseits eine zeitlich spätere Bildung darstellt, andrerseits ein sekundäres, erst durch den Reiz des Parasiten entstandenes Nährgewebe (die Wurzelausstrahlungen) besiedelt.[3]

---

[1] Heinricher, l. c., p. 462.

[2] Die Entdeckung des in den Nährwurzelausstrahlungen befindlichen Thallus verdanken wir Solms-Laubach; vgl. l. c., p. 33 des Separatdruckes.

[3] Heinricher spricht im Anschluß an Rob. Brown, Nees v. Esenbeck und Unger den Gedanken aus, die *Balanophora*-Knolle sei eine pflanzliche Gallenbildung; speziell erblickt Heinricher in der Knolle ein symbiontisches Gebilde, bestehend aus den Wirtswurzelausstrahlungen einerseits, andrerseits aus den Geweben des Parasiten. Die ersteren vergleicht er treffend mit den Hexenbesen; er sagt, man könnte sie förmlich als »Wurzelhexenbesen« bezeichnen; vgl. l. c., p. 463.

Bezüglich der von den bisherigen Ansichten gänzlich abweichenden, in neuester Zeit gebrachten Darstellung Van Tieghem's, diese Nährwurzelauszweigungen seien die »Zentralzylinder (Stelen) des *Balanophora*-Rhizoms«, also dem Parasiten eigene Strangsysteme, ferner seine Deutung des Thallus als

Schon bei dem so jungen, von Heinricher untersuchten Knöllchen von *B. elongata* sind diese Nährwurzelausstrahlungen vom kontinuierliche, axiale Längsreihen bildenden Thallus durchzogen. Bei einem nicht viel größeren Knöllchen der *B. globosa*[1] fand ich das Gleiche. Ebenso sind in älteren Knollen die Nährwurzeläste bis in die äußersten Spitzen vom Thallus durchsetzt. An den Enden dieser Äste sind die Thalluszellen regelmäßig sehr jung. Ich verweise hier nur vorläufig auf Fig. 3, Taf. II. Weiteres über das Entstehen dieses jungen Thallus, sowie insbesondere auch über die Wachstumsfähigkeit solcher »Wurzelspitzen« wird in einem späteren Absatz folgen. Mit dem bisher Gesagten soll nur ein flüchtiger Überblick über die Verteilung des Thallus in den der Wirtspflanze angehörigen Wurzelpartien gewonnen sein.

II. Gestalt und Inhalt der Thalluszellen. Näheres über das Vordringen des Thallus und dessen Einfluß auf das Gewebe der Wirtspflanze.

Eines der auffallendsten Merkmale der Thalluszellen von *Balanophora* ist ihre erhebliche Größe. Schon Solms-Laubach[2] gedachte dieser Eigenschaft und man wird sich aus der Betrachtung der hier gebrachten Abbildungen leicht davon überzeugen. Wenn wir von sehr jungen Thalluszellen oder von solchen, die sich unter schlechten Ernährungsbedingungen befinden,[3] absehen, läßt sich die Unterscheidung von

---

eines Sekretionsapparates (Van Tieghem, »Sur les Inovulées. Première partie.« Extrait des Ann. Sc. Nat. Bot., 9e série, tom. VI, Paris 1907) verweise ich auf die Stellungnahme Heinricher's in seiner Schrift »Ph. Van Tieghem's Anschauungen über den Bau der *Balanophora*-Knolle«, welche kürzlich in diesen Berichten erschienen ist. Übrigens werden auch im Verlauf dieser Abhandlung die genannten und noch andere Differenzen in der Auffassung Van Tieghem's wiederholt zur Sprache kommen müssen.

[1] Das in der Anmerkung 1 unter *A*, *c* auf p. 1128 angegebene Knöllchen.

[2] Solms-Laubach, l. c., p. 32: »Sie sind leicht zu erkennen, einmal ihrer auffallenden Größe wegen, die gegen die der umgebenden Zellen oft so absticht, daß sie beim ersten Anblick mitunter wie Lücken oder Höhlungen im Gewebe erscheinen.«

[3] Heinricher fand bei Untersuchung der hypertrophischen Nährwurzelpartie unter dem jungen Knöllchen von *B. elongata*, gegenüber dessen Ansatz,

Thallus und Wirtsgewebe schon auf Grund der enormen Größendifferenz mit Sicherheit treffen. Von Interesse ist auch ein diesbezüglicher Vergleich des *Balanophora*-Thallus mit jenem der Rafflesiaceen, beispielsweise dem einer *Brugmansia*,[1] wonach die Elemente des erstgenannten Thallus die des anderen an Größe weit überragen. Die Erklärung dieser Erscheinung vom physiologischen Standpunkt soll uns später noch beschäftigen.

Hinsichtlich der Form der Thalluszellen als körperliche Gebilde kombinieren wir am besten die Ansichten, welche in längs- und quergetroffenen Nährwurzelästen in der Regel zu beobachten sind. Der Querschnitt durch solche zeigt im allgemeinen mehr weniger kreisförmige, der Längsschnitt hingegen vorwiegend ellipsoidische Umrisse. Es hat also die Thalluszelle durchschnittlich die Gestalt einer in die Länge gezogenen Blase. Die Zellen des Primärthallus weisen keine derartige Orientierung zum Wirtsgewebe auf, sie durchziehen eben dasselbe nach den verschiedensten Richtungen. Es finden sich aber des öfteren Abweichungen von der eben beschriebenen Gestalt der Thalluszellen. So entsenden beispielsweise besonders die Zellen des Primärthallus dünne Fortsätze in das umgebende Wirtsgewebe, wodurch sie die Form von Blasen mit englumigen Ausstülpungen erhalten (vgl. Thalluszelle *T* in Fig. 1, Taf. II). Das trifft auch häufig bei den später zu besprechenden, das Gewebe der Nährwurzeläste quer durchsetzenden Thalluselementen zu (siehe Fig. 4 und 5 im Texte).

Ein deutliches Erkennen der Thallusmembranen ist manchmal sehr erschwert, mitunter unmöglich. Auf den ersten Blick scheinen sie, wenigstens dort, wo sie an verholztes Gewebe

---

Balanophora-Gewebe mit einem kleinzelligen Thallus (vgl. l. c., Textfig. 3 nebst Erläuterung p. 451, 452). Hier lag, wie ich schon an anderer Stelle (Strigl, »Der anatomische Bau der Knollenrinde von *Balanophora*«, diese Berichte, Bd. CXVI, Abt. I, p. 1054) erwähnte, eine verkümmerte Knollenanlage vor. Die Kleinzelligkeit des Thallus ist hier entschieden ein Ausdruck der dürftigen Ernährungsverhältnisse, denen er infolge der Nachbarschaft eines kräftiger saugenden Thallus ausgesetzt ist.

[1] Zum Studium des *Brugmansia*-Thallus stand mir ebenfalls Material aus der Javasammlung Prof. Heinricher's zur Verfügung.

grenzen, ziemlich derb zu sein. Man vergleiche hiezu Fig. 1 auf Taf. I. Bei genauerem Zusehen oder vielmehr nach Anwendung differenzierender Reagentien, etwa von Chlorzinkjod, findet man, daß die Wand der Thalluszelle nur aus einem dünnen Häutchen besteht. Mit Chlorzinkjod färbt es sich violett, ist demnach Cellulose. Das gleiche Reagens färbt die außen anhaftende Schichte braun. Letztere gehört gar nicht zur Thallusmembran, sondern ist geflossene Holzmasse, das Produkt der lösenden Wirkung des *Balanophora*-Thallus auf benachbarte verholzte Wandungen des Wirtsgewebes. Besonders instruktiv sind Fälle, wo ein derartiger Belag der Thalluszellen nur einseitig auftritt, wo nämlich diese nur einseitig an Holzelemente grenzten. Die genannte lösende Einwirkung des Thallus geht häufig so weit, daß um die Thalluszellen herum ganze Inseln geflossener Holzmassen entstehen, die schon am unbehandelten Schnitte durch ihre gelbbraune Färbung auffallen. Es ist klar, daß diese Erscheinung mit der Ausbreitung des Thallus im Zusammenhang stehen muß. Wo immer demselben widerstandsfähigere Elemente hindernd in den Weg treten, erfolgt zunächst eine Aufweichung ihrer Wände, die bis zur vollständigen Lösung fortschreiten kann.[1]

Solches konnte ich besonders innerhalb der Nährwurzelhypertrophie des kleinen Knöllchens von *B. elongata* beobachten. Hier zeigten sich enorme Zerstörungen des Holzkörpers durch

[1] Heinricher macht an dem in Fig. 4 und 5 seiner Tafel wiedergegebenen Querschnitt durch den Basalteil der jungen Knolle von *B. elongata* auf die daselbst auftretenden dunklen Flecke aufmerksam und sagt (l. c., p. 448): »Es sind durch den Parasiten abgetötete, am Präparat gebräunte oder gelbliche Gewebspartien im Nährwurzelgewebe«. Ganz ähnliche Verhältnisse herrschen bei den einem Haustorialfortsatz von *Lathraea* anliegenden Gewebspartien der Nährwurzel (vgl. Heinricher, »Anatomischer Bau und Leistung der Saugorgane der Schuppenwurzarten«, Breslau 1895, Taf. V, Fig. 11). Während man aber nach Heinricher (l. c., p. 50) die glatte Perforation von Holzelementen durch vordringende Haustorialschläuche der *Lathraea Squamaria* sehr deutlich beobachten kann (siehe auch in der zitierten Arbeit Fig. 4 auf Taf. IV und Fig. 1 auf Taf. V), ist ein Durchwachsen einzelner verholzter Wirtsgewebselemente seitens der Thalluszellen von *Balanophora* schwer zu erkennen, und zwar aus dem Grunde, weil die Thalluszellen weitaus größer sind als die Elemente des Wirtsgewebes.

den Thallus. Fig. 2, Taf. I und Fig. 1, Taf. II stellen Längsschnitte von dieser Partie dar. Ersterer war mit basischem Fuchsin und Pikrinsäure gefärbt worden. Die Wände der Thalluszellen sind nicht ganz leicht zu verfolgen, bei *d* ist eine Wandpartie vom benachbarten Wirtsgewebe abgehoben, daher besser ersichtlich. Bei *c* sehen wir von unten durchschimmernde, tracheale Elemente, die nur ganz schwach von der Tinktion angenommen haben und augenscheinlich vom Thallus bereits stark angegriffen sind. In der Gegend von *a* finden sich reichlich geflossene Massen und derbe Membranen oder Leisten, deren Herkunft nicht ganz sicher ist. Zelle *T* preßt infolge ihres bedeutenden Turgordruckes die rechts benachbarte Gefäßwand ein, die ober und unter ihr zum Vorschein kommenden, wahrscheinlich im Verbande gewesenen trachealen Elemente, dürften von ihr angefressen sein.

Der Fig. 1 auf Taf. II liegt ein mit Delafield's Haematoxylin tingiertes Präparat zugrunde. Die Wand der großen Thalluszelle *T* gibt sich hier besser zu erkennen. Mit *a* sind wiederum größere Ansammlungen geflossener, gummöser Substanzen bezeichnet.

Vergleichen wir noch Fig. 1, Taf. I. Diese zeigt uns eine Partie Nährwurzelgewebe nach einem Querschnitt in jener basalen Region des gleichen Knöllchens, wo sich der Wurzelast eben zur Teilung anschickt. Auch hier begegnen uns noch mehrfach geflossene Massen, so bei *a* und umfangreichere bei *a'*.

Nach Beccari erfolgt das Vordringen der Thalluszellen im Wirtsgewebe ausschließlich durch Auseinanderzwängen seiner Elemente.[1] Wir müssen aber im Auge behalten, daß Beccari einen Thallus mit der hier beschriebenen Größe seiner Zellen nicht darstellt. Man vergleiche hierüber seine Abbildungen. Der erste Versuch vordringender Thalluszellen

[1] Beccari, l. c., p. 5: »Esaminando queste cellule in una sezione longitudinale (Tav. III, Fig. 4, f. f.) compariscono fra mezzo ai clostri riunite in gruppetti di 3—4 o poche più sovrapposte, con le due estreme assottigliate, quasichè cercassero farsi un passaggio fra fibra e fibra, camminando non sempre nella medesima direzione dell' asse, ma tortuosamente per dove possono più facilmente farsi strada«.

mag übrigens tatsächlich darin bestehen, sich zwischen den Elementen des Wirtsgewebes einzuzwängen. Dafür sprechen wohl die bereits erwähnten, öfters zu beobachtenden Fortsatzbildungen. Sobald sich aber diese auszudehnen beginnen, kommt es unzweifelhaft zur Quetschung und mehr minder weitgehenden Erweichung und Auflösung des umgebenden Gewebes.

Die gelbbraunen, geflossenen Massen, welche sich häufig in der Umgebung des Thallus finden, wurden im vorhergehenden schon wiederholt als deutliche Anzeichen der lösenden Einwirkung des Thallus auf verholzte Wandungen des Wirtsgewebes gedeutet und wir werden diese Fähigkeit des Thallus entschieden auf die Produktion eines Holzsubstanz lösenden Fermentes, einer Xylase, zurückzuführen haben. Daß die Lösung von Cellulosewänden des Wirtsgewebes, welche vom Thallus offenbar vermittels ausgeschiedener Cytasen vollzogen wird, spurlos bleibt, mag wohl daher rühren, daß die verflüssigten Cellulosesubstanzen vom Thallus als Nährstoffe vollends aufgebraucht werden.

Wenn nach dem Gesagten eine zum Teil sehr umsichgreifende Erweichung und partielle Lösung verholzten Wirtsgewebes seitens des Primärthallus als Folgeerscheinung seiner Ausbreitungstendenz zustande kommt, so wirken andrerseits die sekundären Thallusketten meist weniger stark lösend auf die Wände des Nährgewebes ein. Geflossene Massen gelöster Holzsubstanz finden sich aber, wie wir gleich sehen werden, auch hier. Der Grund des verschiedenen Verhaltens liegt zum Teil in der eigenartigen, später ausführlich zu besprechenden Weise, wie dieser Sekundärthallus in sein Nährgewebe gelangt, zum Teil aber auch in dem weitaus geringeren Widerstand, den ihm der Holzkörper der Nährwurzeläste bietet. Letzterer ist viel schwächlicher gebaut als jener der basalen Wurzelhypertrophie, weil die Konkurrenz des Parasiten, der dem Wirt den Großteil des Bildungsmateriales entzieht, hier schon stark fühlbar wird.

Trotz der Ausbreitung im Gewebe der Nährpflanze bildet aber der Thallus doch immer ein geschlossenes System. Einer gegenteiligen Bemerkung Beccari's gegenüber machte schon

Heinricher auf den stets vorhandenen, gegenseitigen Anschluß der Thalluszellen aufmerksam.[1] Wenn ich hier in Kürze die Beschaffenheit der gemeinsamen Berührungswände der Thalluszellen erörtere, muß ich einer Bemerkung Van Tieghem's begegnen, der l. c., pag. 155 schlechthin von horizontalen Zwischenwänden der in Längsreihen verlaufenden »Sekretionszellen« (recte Thalluszellen) spricht.[2] Solche kommen gewiß häufig vor, sind aber durchaus keine fixe Regel. Ebenso häufig sind die den Zusammenhang vermittelnden Zwischenwände mehr minder schief gestellt, und nicht selten erfolgt der Anschluß überhaupt seitlich (vgl. zur Illustration dessen Textfig. 3 und Fig. 3 auf Taf. II).

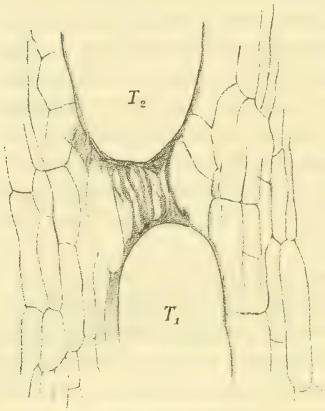


Fig. 1. Vergr. 350.

Eine Ausnahme von der Regel des festen Zusammenhanges schien das Thallusgewebe in Längsschnitten durch Nährwurzeläste der in der Anmerkung 1 auf p. 1128 unter *B, a* angegebenen Knolle von *B. elongata* zu machen. Hier waren die einzelnen Zellen ganzer Ketten je um ein kleines Stück voneinander getrennt. Die Fig. 1 und 2, denen mit Eau de Javelle behandelte Präparate zugrunde liegen, zeigen die Enden je zweier übereinanderstehender, aber nicht zusammenhängender

[1] Heinricher, l. c., p. 449: »Oft scheinen die Thalluszellen isoliert im Nährgewebe zu liegen, doch ist der Zusammenhang im Raume stets gewahrt und nachweisbar«. Vgl. auch die Fußnote auf der gleichen Seite.

[2] Nebenbei bemerkt ist es aber auch nicht ganz verständlich, wenn Van Tieghem von denselben »Sekretionszellen« in dem einen Satze (l. c., p. 155) schreibt: »In diesem Holzteil sieht man sehr große, isolierte, zylindrische Zellen....« und im nächsten Satze weiterfährt: »sie sind ein wenig länger als breit, besitzen feste und horizontale Zwischenwände und sind in längsgestreckten Reihen übereinander gelagert«.

Thalluszellen T_1 und T_2. Im Zwischenraum der Thalluszellen sind eigentümliche, dünne oder auch derbere Fäden ausgespannt, die ihrer Natur nach identisch sind mit den früher geschilderten, geflossenen Massen gelöster Holzsubstanz. Mit *a* ist in Fig. 2 die Membran einer an T_1 und T_2 anschließenden, schief abgehenden Thalluszelle bezeichnet. Diese am konservierten Material beobachtete Isolierung der Thalluszellen kann an der lebenden Knolle nicht vorhanden gewesen sein. Die Ursache der Erscheinung liegt einzig in einer verlangsamten Einwirkung des Fixierungsmittels, wobei sich die Thalluszellen kontrahierten.[1] Die Richtigkeit dieser Erklärung beweist erstlich die fädige Gestalt der in den Zwischenraum hereingezogenen, ursprünglich den Thalluszellen seitlich anhaftenden, gummösen Substanzen, die, falls die Trennung der Thalluszellen schon im lebenden Zustand der Knollen existiert hätte, sicherlich eingesunken wären. Ferner legt schon die Ausdehnung der Isolierung auf eine größere Zahl von Thalluszellen die gegebene Erklärung nahe. Es wäre unverständlich,

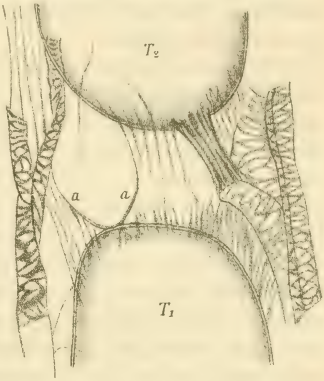


Fig. 2. Vergr. 350.

[1] Wir werden annehmen müssen, daß die Wände der großen blasenartigen Thalluszellen, die, wie im folgenden gezeigt wird, sich durch reichlichen Plasmagehalt auszeichnen, unter starkem Turgordruck stehen. Erfolgt das Eindringen des Fixierungsmittels (für diese Knolle war es gewöhnlicher Alkohol) nicht schnell genug, so kann die durch einige Zeit fortgesetzte Kontraktion der Thalluszellen schließlich wohl leicht zu einem Loslösen des Verbandes führen. Ich verweise hier rücksichtlich der Kontraktion auf ähnliche Verhältnisse, die Heinricher bei den im Leben äußerst turgeszenten und durch außergewöhnlich dehnbare Membranen ausgezeichneten Zellen des Schwellgewebes der Kapselklappen von *Lathraea Clandestina* gefunden hat. Nach Tötung durch Zufuhr

warum funktionierende Thalluszellen an beiden Enden sich von den anderen abtrennen sollten.

Wenden wir uns nunmehr zur Betrachtung des Inhaltes der Thalluszellen. Beccari gibt das Vorhandensein reichlichen Plasmas und großer Kerne als charakteristische Eigenschaft der Thalluselemente an.[1] Solms-Laubach bemerkt, nachdem er sich über die Größe dieser Zellen geäußert (l. c., p. 32): »Dann aber sind sie durch ihren Inhalt ausgezeichnet, der bei dem vorliegenden Alkoholmaterial stets in einem dichten, geronnenen, dunkelgelb gefärbten Klumpen besteht«. Dieser Klumpen erweist sich aber bei Anwendung des Millon'schen Reagens als plasmatische Substanz.

Plasma und Kern sind, von kleinen, hauptsächlich letzterem eingelagerten Körnchen vorläufig abgesehen, der gesamte und einzige Inhalt einer Thalluszelle, den man an konserviertem Material nachweisen kann. Nicht selten enthält eine Thalluszelle zwei Kerne, die sich an Größe gleichen oder auch verschieden groß sind. Im übrigen fehlt jede Spur von geformten Kohlehydraten, von Fett oder fettem Öle. Van Tieghem findet das Plasma der »Sekretionszellen« (rekte Thalluszellen) mit Öltröpfchen versehen (l. c., p. 155). Ich vermochte dergleichen nirgends zu beobachten oder etwa mit Alkannatinktur[2] nachzuweisen. Interessant ist schließlich der vollständige Mangel an Balanophorin. Bei der Untersuchung konservierten Materials bilden demnach den wesentlichen Inhalt einer Thalluszelle Eiweißstoffe, die uns in der Form von Zellplasma entgegentreten.

Wie schon bemerkt wurde, sind aber im Zellplasma und reichlicher noch in der Kernsubstanz eigenartige Körperchen eingebettet. Hinsichtlich ihrer Größe und der Masse ihres Auf-

---

von Alkohol verkleinern sich diese um ein Bedeutendes (siehe Heinricher, »Biologische Studien an der Gattung *Lathraea*«, I. Mitteilung. Diese Sitzungsberichte, 1892, Taf. II, Fig. 3, *a* und *b*).

[1] Beccari, l. c., p. 6. Bezüglich der großen Zellkerne vgl. auch Heinricher, l. c., p. 449, ebenso Van Tieghem, l. c., p. 155.

[2] Wobei selbstverständlich eine vorherige Behandlung der Schnitte mit Äther (zur Entfernung des Balanophorins aus den Zellen des Knollenparenchyms) unterblieb.

tretens in den Kernen verweise ich zu vorläufiger Kenntnisnahme beispielsweise auf Fig. 1, Taf. I. Die Einschlüsse sind gegenüber der Kernsubstanz dunkler gehalten. Man sieht hier auch deutlich, wie die Kerne bei vermehrter Zahl der Einschlüsse anschwellen. Im Kerne fallen die in Rede stehenden Gebilde schon vor der Zufuhr von Reagentien zu den Schnitten auf, und man ist versucht, sie als verhältnismäßig große Eiweißkrystalle anzusehen, zumal an ihnen nicht selten annähernd regelmäßige, polyedrische Gestalten zu beobachten sind. Verschiedene Reaktionen, die ich auf ihre chemische Beschaffenheit anstellte, belehren jedoch eines anderen; sie sollen hier kurz besprochen werden.

Javell'sche Lauge löst die plasmatische Substanz der Kerne vollständig auf, verändert aber in keiner Weise die Einschlüsse. In konzentrierter Schwefelsäure unterliegen sie dem Verkohlungsprozeß. Anilinsulfat färbt sie schnell und sehr deutlich gelb, konzentrierte Thallinsulfatlösung (in 50prozentigem Alkohol) dagegen dunkelgelb bis braun. Phloroglucin-Salzsäure bewirkt schwache Rotfärbung. Bei Behandlung mit basischem Fuchsin und Pikrinsäure erfolgt dunkelrote Tinktion. Säurefuchsin sowie Kernschwarz werden nicht aufgenommen, ziemlich intensiv hinwiederum Hämatoxylin nach Delafield und Heidenhain'sches Eisenhämatoxylin, mit welchen sie sich sehr dunkel, nahezu schwarz färben.

Im ganzen verweisen diese Reaktionen auf einen den Holzsubstanzen zum mindesten sehr nahestehenden Körper. Was das Vorhandensein solcher Stoffe im Zellplasma anbelangt, finde ich ein Analogon bei den Haustorialschläuchen der *Lathraea* von Heinricher verzeichnet.[1] Als Einschlüsse von Kernen scheinen sie jedoch nirgends beschrieben zu sein. Zimmermann bespricht in seiner »Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes« (Jena 1896), p. 47, unter »Anderweitige Bestandteile des Kernes« mehrere Literatur-

[1] Heinricher, »Anatomischer Bau und Leistung der Saugorgane der Schuppenwurzarten«; Breslau 1895. Taf. III, Fig. 7. Die Erklärung dazu lautet: »Im Lumen des Haustorialschlauches erkennt man einen dichten, körneligen Inhalt. Derselbe hat sich mit Fuchsin in den dunkler dargestellten Teilen intensiv rot, in den heller gezeichneten schwach rosa gefärbt«.

angaben über das Vorkommen von Stärkekörnern innerhalb der Zellkerne. Er bezeichnet diese Angaben als höchst wahrscheinlich auf unrichtigen Beobachtungen beruhend und konstatiert bei zahlreichen, selbst nachuntersuchten Objekten, daß es sich dabei nicht um wirklichen Einschluß, sondern um bloßes Adhärieren der Stärkekörner an der Kernoberfläche handelt. Bei den Thalluskernen von *Balanophora* ist aber eine derartige Täuschung schon wegen der Größe der Kerne und derjenigen ihrer Inhaltskörper ausgeschlossen.[1]

Es erübrigt mir noch, über diverse Unterschiede im Vorkommen dieser Einschlüsse zu berichten und die vermutliche Art, wie sie in die Kerne gelangen, beziehungsweise ihre Bedeutung im Stoffwechselprozeß zu erörtern.

Bei sämtlichen untersuchten Knollen tauchten sie, was Größe und Zahl betrifft, dort am massigsten auf, wo der Thallus intensiver lösend auf Holzelemente des Wirtes eingewirkt hatte, also in der Nähe geflossener Massen. Ihr Dasein ist aber nicht an die Nachbarschaft verholzter Zellen gebunden. So zeigten die Kerne des jungen Thallus, der die verholzten Gewebes baren Spitzen von Nährwurzelästen einnimmt, die gleichen Einschlüsse, nur viel kleiner und weniger zahlreich. Ja, was noch merkwürdiger ist, sie sind überhaupt nicht auf die Kerne des Thallus beschränkt, sondern finden sich auch in denen des Knollenparenchyms, wenngleich wiederum stark reduziert nach Menge und Größe.

Jedenfalls ist der größere oder geringere Reichtum der Kerne an solchen Inhaltskörpern nicht ein Merkmal bestimmter *Balanophora*-Arten, vielmehr herrschen diesbezüglich Ver-

[1] Am besten konnte ich mich über die Tatsache des echten Einschlusses gerade durch das Verfolgen der Auflösung von Kernen mittels Eau de Javelle vergewissern. Ich behandelte einen Schnitt unter genauer Beobachtung eines Thalluskernes mit der genannten Lauge. Die Auflösung der Kernsubstanz vollzog sich ziemlich schnell; nur das aus verdichtetem Plasma bestehende Kernhäutchen leistete längeren Widerstand. Dabei ließ sich deutlich sehen, wie die Körperchen diesem von innen her anliegen. Als auch das Häutchen verschwunden war, schwammen dieselben auseinander. Nebenher sei noch erwähnt, daß es, da die Thalluszelle nicht angeschnitten war, gelang, die nunmehr in derselben frei herumliegenden Körperchen mit basischem Fuchsin und Pikrinsäure zu färben.

schiedenheiten von Knolle zu Knolle, auch innerhalb der gleichen Spezies. Als bestimmendes Moment kommt eben einzig der Grad der Zerstörung verholzten Wirtsgewebes in Betracht.

Von vornherein ist klar, daß derlei Kerneinschlüsse ein im Stoffwechselprozeß entstandenes Produkt darstellen. Auch hinsichtlich deren Herkunft aus verholzten und aufgelösten Wandungen des Wirtsgewebes wird sich nach dem Gesagten kaum zweifeln lassen. Eine sichere Aussprache über die Art und Weise, wie diese Körper ins Plasma und in die Kerne der Thalluszellen, ja selbst in die Zellkerne des Knollenparenchyms gelangen, ist bei der Schwierigkeit der Beantwortung solcher Fragen und der lange nicht hinreichenden Untersuchung an dieser Stelle nicht zu erwarten. Ich vermute nur, daß schon bald nach der Keimung des *Balanophora*-Samens, sowie der junge Thallus an verholzte Elemente gelangt, eine nicht unbeträchtliche Zersetzung derselben durch entsprechende, vom Thallus ausgeschiedene Fermente erfolgt, wobei das gesamte Gewebe des Parasiten in Plasma und Kern von den Zersetzungsprodukten aufnimmt. Späterhin mögen vom Thallus mit den eigentlichen Nährstoffen stets auch geringe Mengen zersetzter Holzsubstanz in flüssiger Form absorbiert und ein Teil davon nebst den gewonnenen Nahrungsprodukten an das Knollenparenchym abgegeben werden. Die großen Körner in den Thalluszellkernen dürften durch Zusammenfließen vieler kleiner Tröpfchen zustandekommen. In Fig. 3, Taf. I, ist ein Thalluskern bei stärkerer Vergrößerung wiedergegeben. In dem großen, runden, von einem hellen Hofe (Vakuole) umgebenen Gebilde erkennen wir den Nucleolus, der sich bei der angewendeten Fuchsin-Pikrinsäure-Tinktion gegenüber den intensiv rot gefärbten Einschlüssen stark gebräunt hatte. Unter demselben sind zwei kleine Körnchen, ebenfalls in Vakuolen befindlich, zu bemerken. Stofflich sind sie identisch mit den großen Einschlüssen. In anderen Fällen beobachtete ich traubige Aggregate solcher kleiner Körnchen (vgl. den Thalluskern rechts unten in Fig. 2, Taf. I), Bildungen, die die Vorstellung einer Vereinigung zu einem einheitlichen Korne nahelegen können. Freilich ist das Gegenteil, daß es sich dabei um die Zersplitterung und Auflösung von Körnern handeln könne, ebenso

denkbar, zumal wir über die Art ihrer Verwertbarkeit nichts wissen.

In dieser Hinsicht fällt es ebenso schwer, den wesentlich als Holzsubstanzen reagierenden und in ihrer Entstehung auf zersetzte, verholzte Zellwände des Wirtsgewebes zurückzuführenden Kerneinschlüssen eine höhere Bedeutung als die eines nebenher erworbenen Stoffes zuzuschreiben, wie es andrerseits schwer fällt, sie schlechthin als Exkrete aufzufassen und, infolge ihres reichlichen Vorkommens in den Kernen, letzteren gewissermaßen die Rolle von Exkretbehältern zuschreiben zu müssen.

III. Die Verbindung von Thallus und Knollengewebe. — Zusammenfassende Charakterisierung des Thallus als Absorptionsgewebe des Parasiten.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß der Thallus vom Knollengewebe nicht vollständig isoliert sein darf, wenn die von ihm absorbierten Stoffe zur Aufspeicherung in letzteres gelangen sollen.[1] Ein direkter Zusammenhang besteht, wie wir sehen werden, allerdings an der Endigung jedes Nährwurzelastes, doch kommt dieser für die Überleitung der Nährstoffe nicht in Betracht. Übrigens wäre eine Leitung derselben durch die ganze lange Kette von Thalluszellen höchst unzweckmäßig, ja funktionswidrig. Darum sind während des Verlaufes des Thallus in den Nährwurzelästen wiederholt Verbindungen zwischen ihm und dem Knollengewebe eingeschaltet. So entsteht eine Arbeitsteilung, derart, daß dem einen Teile des Thallus nur die Absorptionsfunktion bleibt, diese Verbindungseinrichtungen hingegen, wenigstens vorwiegend, als Ableitungssystem dienen. Wir erwarten daher, daß auch deren einzelne Elemente ihrer Leistung entsprechende anatomische Merkmale aufweisen.

[1] Den Gedanken, daß die *Balanophora*-Knolle in ihrem parenchymatösen Teile ein Speicherorgan sei, aus dem die später zur Ausbildung gelangenden Infloreszenzen schöpfen, hat erst Heinricher zum Ausdruck gebracht. Vgl. seine Schrift: »Ph. Van Tieghem's Anschauungen über den Bau der *Balanophora*-Knolle«, diese Sitzungsber., 1908, p. 342.

Radiale Verbindungen zwischen Thallus und Knollenparenchym sind in großer Zahl vorhanden.[1] In den wenigsten Fällen sind sie auch nur annähernd genau nach dem Radius des Nährwurzelastes orientiert, weshalb man sie an Querschnitten nur selten vollständig zur Ansicht bekommt und deren Anschluß bald gegen den Thallus, bald gegen das Knollenparenchym hin, oder auch beiderseits zu fehlen scheint. Die Fig. 1 auf Taf. I, von einem nahe der Basis des jungen Knöllchens von *B. elongata* geführten Querschnitt gewonnen, zeigt mitten im Gewebe des Nährwurzelastes eine Reihe von Thalluszellen. Am oberen, rechten Rande sehen wir dickwandigere, mit *s* bezeichnete Zellen angrenzen. Es sind Zellen jenes verholzten, scheidenartigen Gewebes, mit dem das Knollenparenchym jeden Nährwurzelast umgibt und das im folgenden kurzweg als »Scheide« bezeichnet werden soll.[2] Eine Zelle, *A*, vermittelt die Verbindung zwischen Thallus und Scheide.

In Textfig. 3, welche nach einem Längsschnitt durch den basalen Knollenteil von *B. globosa* entworfen ist, finden wir eine gleichartige Zelle *A*, nur ist sie viel gestreckter, eine förmliche Schlauchzelle. Sie ist, wie sich aus der Art der Verzerrung des Wirtsgewebes ergibt, von innen gegen die Peripherie gewachsen, hat einen ziemlich mächtigen Holz- und Rindenkörper des Nährwurzelastes durchsetzt und die Scheide beinahe erreicht. Hier ist ein Prinzip, die Streckung in der Richtung der Stoffwanderung, sprechend durchgeführt. Die Erscheinung, daß eine

[1] Über solche radial verlaufende Zellenzüge berichtet Heinricher in seinen »Beiträgen...«, p. 456: »In der Achse des Holzkörpers entwickelt sich die Hauptmasse des Thallus, dessen Zellen hauptsächlich parallel der Achse des Wurzelastes verlaufen. Doch gehen von den Längsreihen auch radial verlaufende Seitenzweige nach der Peripherie ab, wie andrerseits von dem den Wurzelast umgebenden Parenchym des Parasiten Thalluszellen zentripetal eindringen, als Haustorien funktionieren und da und dort auch die Verbindung mit den zentralen Längsreihen des Thallus erreichen und erzielen«.

[2] Über deren Bau berichtet Heinricher folgendermaßen: »Eng umschließt sie (die Wurzeläste) das Knollenparenchym der *Balanophora*, und zwar stets mit einigen Schichten dem übrigen Parenchym gegenüber kleinerer Zellen, die überdies ausnahmslos durch verholzte Wandungen ausgezeichnet sind.« Heinricher, »Beiträge...«, p. 456. Vgl. insbesondere auch die Tafelfig. 6 und 7 daselbst.

einzige Zelle die Verbindung bewerkstelligt, ist eine seltenere. Meistens sind zwei oder drei Zellen daran beteiligt.[1]

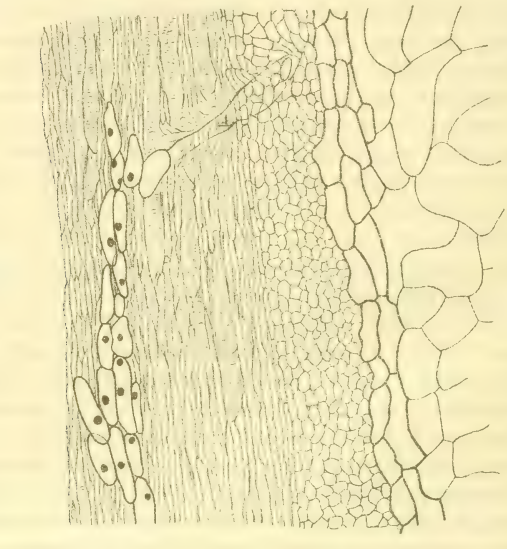


Fig. 3. Partie aus einem radial getroffenen Nährwurzelast von *B. globosa*.[2] *X* Holzkörper; *R* Rindengewebe; *S* Scheide mit anschließendem Knollenparenchym. (Vergr. 100. Zum Teile schematisiert.)

Interessant sind die Formen, welche diese »Ableitungszellen« bei ihrem Vordringen im Nährgewebe annehmen. Fig. 4

[1] Van Tieghem beobachtet ebenfalls das Vorkommen radial gelagerter Zellgruppen. Er deutet sie aber, seiner einmal gefaßten Anschauung treu bleibend, als »transversalen Sekretionsapparat, der die Funktion des longitudinalen fortführt« (l. c., p. 156). Anschließend führt er aus: »Ursprünglich röhrenförmig und ununterbrochen fortlaufend, teilt sie sich (die große, »transversale Sekretionszelle«) später in querer Richtung und stellt dann eine Reihe von großen Zellen dar. . . .«; derartige nachträgliche Teilungen gibt es, glaube ich, wohl nicht. In Anbetracht der richtig verstandenen Funktion einer solchen Zelle wäre ein späteres Einschieben von Querwänden höchst unpassend.

[2] Die in der Anmerkung 1, p. 1128, unter *A*, *a* beschriebene Knolle.

im Texte zeigt eine Ableitungszelle, die links mit einer Thalluszelle im Zusammenhang steht und nach rechts ins Rindengewebe des Nährwurzelastes einen dünnen Fortsatz entsendet. Augenscheinlich verschafft sie sich so leichter Bahn. In Fig. 5 erblicken wir einen Fall, wo die Scheide *s* fast erreicht ist. Das vordere Ende der Ableitungszelle ist wiederum in einen englumigen Fortsatz ausgezogen. Haben die Zellen den bezweckten Kontakt hergestellt, so wird auch das Lumen der verengten Partien vermutlich erweitert.

Es war vorhin nur von Zellen, die, vom Thallus ausgehend, durch zentrifugales Wachstum eine Verbindung dieses mit dem

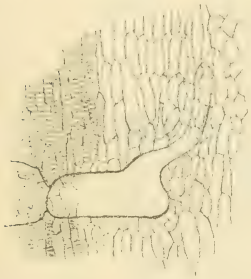


Fig. 4. Aus einem längsgetroffenen Nährwurzelast von *B. elongata*.[1] Vergr. 145.

Fig. 5. Aus einem quer durchschnittenen Nährwurzelast der gleichen Knolle. Vergr. 145.

Knollengewebe herstellen, die Rede. Auch das Umgekehrte kommt vor, daß nämlich Zellen, die der Scheide angehören, sich gegen das Wirtsgewebe vorwölben, in dasselbe hinein, also zentripetal wachsen und so die besagte Verbindung erzielen. Begrifflich kann man zwischen diesen und den erstbesprochenen einen Unterschied machen, indem man sie als »Haustorialzellen« jenen »Ableitungszellen« gegenüberstellt. Solange ein Kontakt mit Thalluselementen noch nicht erreicht ist, fungieren sie in der Tat als Haustorien.

Textfig. 6 zeigt zwei in das Rindengewebe des Nährwurzelastes vorgeschobene Scheidenzellen *H* und *H'*. *H'* erscheint in diesem Stadium einer Sammelzelle vergleichbar. *J* ist eine

[1] Die p. 1128, Anmerkung 1, unter *B, a* beschriebene Knolle.

von *H* abgegliederte Zelle. Ob durch sie der Anschluß an den Thallus bereits erreicht ist, läßt sich durch diesen Schnitt nicht entscheiden. Wahrscheinlich erfolgte aber der Kontakt in einer anderen Schnittebene.

Was die Wandbeschaffenheit anbelangt, gilt für die Ableitungszellen das nämliche, wie für die Thalluszellen. Sie sind ja nur durch die Lagerung und teilweise durch die Funktion von jenen verschieden. Ihre Membranen sind also dünn und geben die Cellulosereaktionen. Die von der Scheide einwärts wachsenden Zellen haben etwas derbere Wände. Solange sie

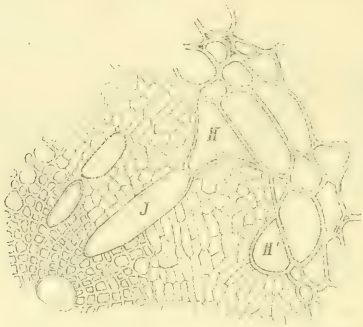


Fig. 6. Querschnittspartie eines Nährwurzelastes von *B. elongata*[1] mit (rechts) angrenzendem Scheidengewebe. Vergr. 145.

nicht vollständig ausgewachsen sind, bestehen ihre Membranen aus Cellulose. Später zeigen sie meist deutlich einen geringen Grad von Verholzung. Der Inhalt der Verbindungselemente besteht wiederum nur aus Plasma und Zellkern.

Da ich im vorausgehenden von »Haustorialzellen« sprach, die das Knollengewebe behufs Verbindung mit dem Thallus in die Nährwurzeläste entsendet, sei unter Hinweis auf Textfig. 7 ein anderweitig beobachtetes Vorkommen von Haustorienbildung kurz erörtert.

An einem Längsschnitt durch die Ansatzstelle der p. 1128, Anmerkung 1, unter *A, a* beschriebenen Knolle von *B. globosa*

[1] Die für Fig. 4 und 5 angegebene Knolle.

fand ich die Wirtswurzel mit ihrer Rinde dem Knollengewebe dicht angepreßt. Die Grenze beider Gewebe war durch einen Streifen von Wirtszellen mit gebräuntem Inhalt (in der Figur durch Schattierung angedeutet) markiert. An dieser Berührungsstelle hatte nun der Parasit eine haustorienartige Wucherung, bestehend aus mehreren, von kleinen Zellen gebildeten Zellreihen, in die Nährwurzelrinde vorgeschoben. Eine derartige Invasion des Wirtes ist zwar von untergeordneter Bedeutung,

Fig. 7. Haustorienartig in die außerhalb der Knolle befindliche, derselben jedoch enge anliegende Rinde der Nährwurzel eindringendes Knollengewebe von *B. globosa*. Vergr. 145.

doch ist der Fall insofern interessant, als er zeigt, wie der Parasit bei innigem Kontakt mit Wirtsgewebe sofort zur Bildung von Saugorganen schreitet.

Doch kehren wir wieder zum Thema zurück. Die vermittels der geschilderten Zellen oder Zellreihen aus dem Thallus in das Knollenparenchym abzuleitenden Nährstoffe werden zunächst von jenem scheidenartigen, bereits mehrmals erwähnten Gewebe übernommen, das jeden Nährwurzelast umgibt. Bevor ich dessen Bau näher schildere, bemerke ich noch, daß Van Tieghem das den Nährwurzelästen (bei ihm den »Zentralzylindern«) unmittelbar angrenzende Knollengewebe

in einen Perizykel und eine Endodermis teilt (vgl. l. c., p. 154, und an vielen anderen Stellen). Eine solche Differenzierung existiert nicht, und hat schon Heinricher das Unhaltbare dieser Darstellung betont.[1]

Die Zahl der die Scheide bildenden Zellschichten schwankt zwischen zwei bis vier; gewöhnlich sind es deren drei. Durch geringere Größe, tangentiale Streckung und Verholzung der Membranen sind ihre Zellen von denen des übrigen Knollenparenchyms verschieden. Sie gleichen ihnen aber durch den Besitz großer, runder oder ovaler Tüpfel (vgl. Fig. 5 im Texte), deren reichliches Vorkommen an den Wänden des Scheidengewebes (relativ, d. h. im Verhältnis der Zellgröße sind die Zellen der Scheide sogar reicher getüpfelt als jene des Knollenparenchyms) die Durchleitung der Absorptionsprodukte wesentlich erleichtert.

Den Inhalt der Scheidenzellen bilden nach dem vorliegenden Alkoholmaterial Plasma, welches für gewöhnlich nur in geringer Menge vorhanden ist, und kleine Kerne. Mitunter trifft man aber auch größere Plasmamassen in einigen Zellen an, die aller Wahrscheinlichkeit nach vom Thallus abgeleitetes und ins Knollengewebe übertretendes Eiweiß darstellen. Sehr auffallend ist das vollständige Fehlen des Balanophorins, welchen Mangel auch Van Tieghem (l. c., p. 155) erwähnt. Betrachtet man einen Knollenquerschnitt ohne weitere Behandlung unter dem Mikroskop, so findet man um jeden Nährwurzelast einen Ring völlig durchsichtigen Gewebes gezogen, der eben die Scheide vorstellt. Schon die unmittelbar an die Scheide anschließenden Zellen des Knollengewebes sind reichlich mit Balanophorin erfüllt.

Die Scheide umgibt die Nährwurzeläste im allgemeinen während des größten Teiles ihres Verlaufes, wird aber gegen deren Endigungen hin undeutlicher. An den äußersten Spitzen ist sie wenigstens nie verholzt. Bei *B. globosa* wird eine verholzte Scheide in der Mächtigkeit von 2 bis 3 Zellagen nur um die Basalteile der Nährwurzeläste angelegt. Im weiteren Verlauf derselben verholzt nur mehr eine Zellschicht, oder es unter-

[1] Heinricher, »Ph. Van Tieghem's Anschauungen etc.«, p. 339 u. f.

bleibt die Verholzung gänzlich. Bei dieser, wie bei den anderen untersuchten Arten fehlt aber auch dort, wo die Scheidenbildung zurücktritt, das Balanophorin in einigen, den Nährwurzelästen zunächst angrenzenden Zellagen des Knollengewebes. Diese Erscheinung mag wohl als Schutz, den der Parasit seinem Wirtsgewebe vor Infiltration mit der in natura zähflüssigen Substanz des Balanophorins bietet, aufzufassen sein.[1]

Den Schluß dieses Kapitels möge eine zusammenfassende Schilderung der den Thallus als Absorptionssystem des Parasiten charakterisierenden Merkmale bilden. Die allgemeinen Prinzipien des Absorptionssystems sind, wenn wir die Bezeichnungsweise Haberlandt's anwenden,[2] folgende: Oberflächenvergrößerung, periphere Lagerung und Zartwandigkeit der Gewebselemente; ferner als Kennzeichen lebenden Absorptionsgewebes, die Fähigkeit zur Bildung und Ausscheidung von Säuren oder Enzymen.

Das erste dieser Prinzipien ist in der enormen Größe der einzelnen Thalluszellen und in der Art ihrer Angliederung realisiert. In Kettenverband durchziehen sie ja die Nährwurzeläste ihrer ganzen Ausdehnung nach, wodurch vermittels der Längswände ein sehr ausgiebiger Anschluß an Elemente des Wirtsgewebes gewonnen wird. Zur Veranschaulichung dessen diene Textfig. 8, die eine rings von Zellen des Holzparenchyms eines Nährwurzelastes umgebene Thalluszelle darstellt. In dieser Querschnittsansicht adhäriert die Thalluszelle 16 Zellen des

---

[1] Wie ich durch mündliche Mitteilung Prof. Heinricher's erfuhr, ist das Balanophorin in natürlichem Zustand etwa eingedicktem Honig oder eingedicktem Terpentinöl zu vergleichen. Wegen dieser Beschaffenheit dürfte eine Anwesenheit desselben in Gewebspartien, welche durch irgend lebhafteren Stoffverkehr oder durch rege Zellteilungen ausgezeichnet sind, entschieden von Nachteil sein. Es muß dabei auf den tatsächlichen Mangel desselben in den Elementen des Thallus, in den Abteilungszellen und in jenem meristematischen Parasitengewebe, das sich über den wachsenden Spitzen der Nährwurzeläste ausbreitet, hingewiesen werden. Wie hier, so finden aber Stoffleitung und Zellvermehrungen auch im Gewebe der Nährwurzeläste statt und ist daher das Fehlen des Balanophorins in der unmittelbaren Nachbarschaft derselben nur vorteilhaft.

[2] Haberlandt, »Physiologische Pflanzenanatomie«, 3. Auflage (1904), p. 192.

Wirtsgewebes. Dem Längendurchmesser einer Thalluszelle entsprechen aber etwa zwei, auch drei Zellen des Holzparenchyms. Ein einziges derart gelagertes Thalluselement kann also schon eine erhebliche Zahl von Wirtszellen direkt aussaugen. Natürlich kommt es hinsichtlich der vorteilhaften Lagerung des Thallus nicht bloß auf die Zahl der angrenzenden Wirtszellen, sondern auch und vor allem auf deren Reichtum an Nährstoffen an. Wie bereits Heinricher gezeigt hat, ist aber gerade das Holzparenchym der Nährwurzeläste unter normalen Verhältnissen ungemein reich an Stärke,[1] die ohne Zweifel einen Hauptbestandteil der Nahrung des Parasiten bildet, zu deren Nutzbarmachung daher vom Thallus diastatische Fermente produziert und ausgeschieden werden müssen. In Wirklichkeit befinden sich, was die Deckung des Bedarfes an plastischem Material anbelangt, nicht alle dem Holzparenchym der Nährwurzeläste eingelagerten Thalluszellen in den geschilderten, günstigen Verhältnissen, da sie sich sehr häufig an den Längswänden berühren (vgl. Textfig. 3). Thalluszellen, deren Nachbarschaft ausschließlich oder doch vorwiegend aus trachealen Elementen besteht, werden selbstverständlich mehr der Aufnahme von Wasser dienen, doch gewinnen diese mit dem Wasser und dem nötigen »rohen Nahrungssaft« aller Wahrscheinlichkeit nach auch plastische Stoffe, namentlich Zuckersubstanzen. Das in den Tracheiden der Nährwurzeläste infolge der Saugwirkung des Parasiten zu diesem abfließende Wasser dürfte nämlich wegen des Wurzeldruckes, der bei Tropengewächsen (also auch bei den Wirtspflanzen der Balanophoreen) in gesteigertem Maße zur Geltung kommt, eine größere Menge der genannten Stoffe gelöst enthalten.

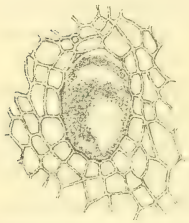


Fig. 8. Vergr. 350.

[1] Vgl. Heinricher's »Beiträge...«, p. 456 und 457, sowie Tafelfig. 7 dortselbst, welche den Stärkereichtum eines Nährwurzelastes an einem mit Jod-Alkohol behandelten und in Jod-Glycerin liegend photographierten Querschnitt veranschaulicht.

Schon bei früherer Gelegenheit habe ich auf die Größendifferenz der Thalluselemente der Balanophoreen und jener der Rafflesiaceen hingewiesen. Die physiologische Erklärung dieses Unterschiedes liegt nahe. Der Rafflesiaceenthallus durchwuchert unter reichlicher Verästelung ganze Wurzelsysteme. Jener von *Balanophora* hingegen beschränkt sich wesentlich auf die verhältnismäßig dünnen, von der Wirtswurzel in die Knolle entsendeten Äste. Der *Balanophora*-Thallus hat demnach die in der relativen Begrenztheit des Wirtsgewebes liegenden, weniger günstigen Bedingungen durch Vergrößerung der absorbierenden Oberfläche zu paralysieren.[1]

Das zweite Prinzip, »periphere Lagerung der absorbierenden Elemente«, mußte am *Balanophora*-Thallus, wegen der ganz eigenartigen Beziehung zwischen Parasit und Wirt eine Umänderung erfahren. Das Nährgewebe der *Balanophora* bildet der Komplex der Verzweigungen der Wirtswurzel in die knollenförmigen, vegetativen Organe des Parasiten hinein. In diesen Verzweigungen befindet sich der Thallus; er ist demnach nicht peripher, sondern geradezu zentral gelagert.

Als nächstes, für ein Absorptionsgewebe wichtiges Merkmal kommt die Dünnwandigkeit der dasselbe zusammensetzenden Zellen in Betracht. Die eigentliche Thallusmembran ist nun, wie wir sahen, von einem zarten Cellulosehäutchen gebildet. Scheinbare Verdickungen der Wände kommen durch von außen anhaftende, gelöste Holzsubstanzen zustande, die nicht zur Membran der Thalluszelle gehören.

Die Fähigkeit zur Bildung und Ausscheidung von Enzymen, welche nach dem vierten Prinzip ein funktionierendes Absorptionsgewebe besitzen muß, kommt ohne Zweifel auch dem *Balanophora*-Thallus zu, wenngleich ich dies nicht durch Untersuchungen an frischen Objekten bestätigen kann. Eine genauere Kenntnis der vom *Balanophora*-Thallus produzierten Enzyme wäre wohl nur erzielbar, falls es gelänge, Thallusketten zu isolieren und in ihrer Wirksamkeit auf verschiedene dargebotene Stoffe zu verfolgen. Nach den auch am Alkoholmaterial gerade in der Nachbarschaft von Thalluszellen häufig

[1] Vgl. Heinricher, l. c., p. 449.

zu beobachtenden Massen geflossener Holzsubstanz läßt sich mit Sicherheit auf die Fähigkeit des Thallus, verholzte Wandungen des Wirtsgewebes wenigstens partiell zu lösen, also eine Xylase auszuscheiden, schließen. Cytasen dürften etwa zur Lösung von Cellusosewänden gebildet werden. Des weiteren werden wir dem Thallus proteolytische Enzyme zusprechen müssen, welche Eiweißsubstanzen des Wirtsgewebes zu diffusiblen Körpern umgestalten und so die Anreicherung der Thalluszellen an Plasma ermöglichen. Vor allem wird aber der Thallus vom Stärkegehalt der Nährwurzeläste zehren und zu dessen Lösung Diastase produzieren. Es ist nicht zu bezweifeln, daß der Zellsaft lebender Thalluszellen reichlich Glukosen enthält und daß Kohlehydrate in dieser gelösten Form vom Thallus ans Knollenparenchym abgegeben werden. Das so oft als harz- oder wachsähnliche Substanz bezeichnete Balanophorin ist, wie vorläufig bemerkt sein mag, wenigstens zum Teil ein bei der Bildung der Infloreszenzen zur Verwendung kommender Reservestoff.[1] In welcher chemischen Konstitution dieser verwertbare Teil im Balanophorin enthalten ist, vermag ich nicht zu sagen. Am ehesten wohl als ein fettähnlicher Körper.[2] Jedenfalls ist das gesamte Balanophorin als Umwandlungsprodukt vom Thallus absorbierter und ins Knollenparenchym übergeleiteter Stoffe anzusehen.

Wenn wir nach dem Gesagten für den Thallus auch Enzyme aus der Reihe der Diastasen und vielleicht auch aus jener der Lipasen anzunehmen haben, so muß entschieden der vollständige Mangel an geformten Kohlehydraten und fetten Ölen im Thallus auffallen, da ja derartige Stoffe wenigstens

[1] Bei der Untersuchung von Knollen mit hochentwickelter oder eben in Entwicklung begriffener Infloreszenz fand ich im Knollenparenchym, namentlich aber in den Bündeln desselben runde, eher an Tropfen denn an feste Körner gemahnende, mit Jodjodkalium sich dunkelviolett färbende Gebilde, die durch partielle Umwandlung des Balanophorins unter gleichzeitiger Abnahme des letzteren entstanden sind. In einer später erscheinenden Mitteilung will ich über meine an dem immerhin rätselhaften und interessanten Balanophorin gemachten Befunde berichten.

[2] Über Anregung des Herrn Prof. Dr. Heinricher wird im hiesigen chemischen Institut von dem Assistenten Herrn Dr. Simon eine chemische Analyse des Balanophorins vorgenommen.

als vorübergehende Umwandlungsformen zu erwarten wären. Da uns aber all diese Überlegungen der Erkenntnis der in Wirklichkeit herrschenden Verhältnisse nicht näher bringen, begnügen wir uns mit der auf hohe Wahrscheinlichkeit gestützten Annahme, daß der *Balanophora*-Thallus zur Bildung und Absonderung von verschiedenerlei Enzymen befähigt sei und auch in dieser Hinsicht den Anforderungen an ein Absorptionsgewebe entspreche.

IV. Die Bildung neuer Thalluselemente. Embryonales Parasitengewebe oberhalb der Spitzen von Nährwurzelästen.

Wir fanden in der am Ansatzpunkt der Knollen regelmäßig wiederkehrenden, hypertrophischen Anschwellung der Nährwurzel den primären, offenbar bei der Keimung des *Balanophora*-Samens entstandenen Thallus ausgebreitet. Den die Nährwurzelausstrahlungen durchziehenden Thallus bezeichneten wir jenem gegenüber als eine sekundäre Bildung. Da nun die Wurzeläste im Innern der Knolle gleichzeitig mit ihr weiterwachsen, trotzdem aber stets der ganzen Länge nach kontinuierliche Thallusketten beherbergen, ergibt sich die Frage, wie und wo die Fortbildung dieser Thallusketten erfolgt, abgesehen von jenen Seitenauszweigungen, welche zur Verbindung von Thallus und Knollenparenchym an beliebigen Stellen, früher oder später gebildet werden können.

Querschnitte durch die Nährwurzelanschwellung zeigen häufig eine strahlige Ausbreitung des Thallus im Wirtsgewebe. Hier und auch bei der Bildung der vorhin beschriebenen Ableitungszellen handelt es sich um aktives Vordringen von Thallus. Die Ausbreitungsart desselben ähnelt, wie schon Heinricher bemerkt, stark den Zellverbänden der Hefepilze.[1] Auf gleiche Weise könnte auch der jeweils die oberen Enden der Wirtswurzelausstrahlungen einnehmende Thallus durch Teilungen neue Thalluselemente erzeugen und gegen die

[1] Heinricher, l. c., p. 449: »An Riesenhefezellen gemahnen dieselben und auf eine an die Sprossung der Hefen erinnernde Weise erfolgt auch vielfach die Weiterbildung und Ausbreitung des Thallus«; vgl. auch dessen Tafelfig. 5.

wachsenden Spitzen der Nährwurzeläste hin, d. h. akropetal abgeben, wodurch also die Thallusketten in der Richtung des Wachstums der Nährwurzeläste weitergebildet würden. Jedenfalls existiert keine interkalare, etwa zwischen dem primären und sekundären Thallus befindliche Bildungszone. Abgesehen davon, daß keinerlei Andeutungen einer solchen vorhanden sind, wäre dieselbe auch gar nicht vorteilhaft angebracht, da das Weiterschieben des fertigen Thallus durch die neugebildeten Thalluselemente unbedingt ein Zerreißen oder eine Verzerrung der bereits bestehenden Verbindungseinrichtungen zwischen Thallus und Knollengewebe im Gefolge hätte.

Da nun ein solches interkalares Wachstum des Thallus ausgeschlossen ist, wird man von selbst zur Annahme gedrängt, daß die Neubildung und Ergänzung des Thallus wirklich in der Region der Nährwurzelendigungen erfolge. Es fragt sich nur, ob die Weiterbildung des Thallus in der Tat nach der früher als möglich hingestellten Art (Teilungsvorgänge in den zu oberst gelegenen, ausgewachsenen Thalluszellen und Abgabe neuer Elemente in akropetaler Richtung) vollzieht.

Betrachten wir Fig. 3 auf Taf. II, welche einen annähernd medianen Längsschnitt durch das Ende eines Wirtswurzelastes bei *B. elongata*[1] darstellt. Durch kräftigere Linien ist zu beiden Seiten desselben eine Scheide markiert. Ich bemerke aber, daß sie in Wirklichkeit nicht durch stärkere oder gar verholzte Membranen hervortritt, sondern nur durch die abweichende Gestalt der Zellen angedeutet ist. Sie scheint offenbar eben im Entstehen begriffen zu sein. Gerade ober der Spitze des Wurzelastes unterblieb eine Markierung von Scheidenzellen, weil hier eine Scheide überhaupt nie zur Ausbildung kommt. Das Gewebe des Nährwurzelastes ist hier in lebhafter Teilung und Vermehrung begriffen, ebenso erweist sich aber auch das dem Nährwurzelende wie eine Haube aufsitzende Parasitengewebe als ein geschlossener Meristemkomplex.

Nach dem Gesagten hat also in diesem Falle nicht bloß das Wirtsgewebe, sondern auch das die Spitze des Nährwurzel-

[1] Vgl. Anmerkung 1, *B*, *c* auf p. 1128.

astes umgebende Gewebe des Parasiten jugendlichen, meristematischen Charakter.

Das führt nun zur Vorstellung, daß schon von allem Anfang an über der sich zu verzweigen beginnenden Nährwurzel gewisse meristematisch bleibende Zellgruppen von Parasitengewebe vorhanden sind, die in der weiteren Entwicklung mit den wachsenden Spitzen der Nährwurzeläste sozusagen mitwandern. Dieser ständigen Vereinigung der zwei an und für sich fremden Gewebe trotz der räumlichen Verschiebungen ließe sich etwa das Wachstum einer Wurzel mit ektotropher Mykorrhiza an die Seite stellen. Jüngste Entwicklungsstadien von Knöllchen der *B. elongata* (welche Spezies zur Untersuchung dieser Verhältnisse besonders günstig wäre), standen mir leider nicht zur Verfügung.

Ich prüfte aber den Sachverhalt außer an Längsschnitten auch an Querschnitten durch Knollenstückchen mit darin befindlichen Enden von Nährwurzelästen. Schnitte, die im Niveau der Linie *a—a* bei Fig. 3, Taf. II geführt sind, zeigen in Form einer Kreisfläche kleinzelliges, aber durch verhältnismäßig große Kerne ausgezeichnetes Parasitengewebe. An den nächsten Querschnitten tauchen unter den, dem Parasiten angehörigen Zellen immer reichlicher auch Elemente des Wirtsgewebes auf. Schließlich überwiegt dieses und nur einige Parasitenzellen bleiben in demselben übrig.

Mit ziemlicher Sicherheit läßt sich aus den geschilderten Verhältnissen schließen, daß an den Spitzen der Nährwurzeläste, solange sie wachsen, embryonales Parasitengewebe erhalten bleibt, das einerseits Elemente für die Weiterbildung des Thallus basipetal abgibt, andrerseits wahrscheinlich auch, und zwar akropetal und lateral, zur Vermehrung des Knollenparenchyms beiträgt. Auf Grund der gemeinsam gemachten und vorhin mitgeteilten Beobachtungen spricht schon Heinricher den gleichen Gedanken aus.[1]

Was die erste der beiden Funktionen, die soeben den Komplexen embryonalen Parasitengewebes zugeschrieben wurden,

[1] Heinricher, »Ph. Van Tieghem's Anschauungen etc.«, p. 345.

nämlich die Fortbildung der Thallusketten anbelangt, so hätte man sich das Zustandekommen der Einlagerung des jungen Thallus ins Wirtsgewebe so vorzustellen, daß gewisse, an der Grenzlinie zwischen dem Gewebe der Nährwurzeläste und dem meristematischen Parasitengewebe liegende Zellen des letzteren längs ihrer Seitenwände vom Wirtsgewebe umwachsen, die übrigen Zellen hingegen vom wuchernden Wirtsgewebe lateral verdrängt werden. Es handelt sich also mehr um eine in basipetaler Richtung stattfindende Einbettung des Parasitengewebes und ist eine größere Aktivität dieser jungen Thalluselemente kaum anzunehmen. Erstlich ist sie, wenn man auf die Notwendigkeit des Zusammenhanges des neuhinzukommenden mit dem tiefer gelegenen, alten Thallus denken würde, nicht erforderlich, da dieser Zusammenhang durch die kontinuierliche Fortbildung an der Spitze ja von selbst gewahrt bleibt. Fürs zweite würde der jugendliche Thallus zu gewaltsamerer Störung des Wirtsgewebes (beispielsweise zum mechanischen Zerdrücken von Zellmembranen oder zu deren Lösung vermittels ausgeschiedener Fermente) vielleicht auch nicht kräftig genug sein, ganz abgesehen davon, daß er dadurch seinen eigenen Interessen hinderlich und schädlich wäre. Es ist im Gegenteil nicht unwahrscheinlich, daß Heinricher's Ansicht zu Recht bestehe, nach welcher an den wachsenden Spitzen der Nährwurzeläste gewissermaßen sogar eine Umkehr des Parasitismus Platz greift, insofern innerhalb jener Region, wo das Wirtsgewebe noch nicht genügend erstarkt ist, dieses seine Nahrung wenigstens teilweise aus den Zellen des Parasiten holt.[1] Erst in weiter entfernten Partien würde demnach der Thallus seine nahrungsaufnehmende Funktion entfalten. Nach dieser Auffassung lockt sozusagen der Parasit das Wirtsgewebe zu fortgesetzter Weiterbildung an.

Ich halte dafür, daß auch das Mehr oder Weniger der Verzweigungen der Nährwurzeläste durch jenes meristematische Parasitengewebe oberhalb deren Endigungen beherrscht wird, so zwar, daß eine Teilung des Wirtsgewebes in zwei Äste immer nur dann erfolgt, wenn sich das genannte Meristem

[1] Heinricher, »Ph. Van Tieghem's Anschauungen etc.«, p. 345.

des Parasiten in zwei Meristeme zu sondern anschickt. Instruktive Fälle, welche die Vorstellung von derartigen Zweiteilungen des Parasitenmeristems im Zusammenhang mit einer Gabelung des Nährwurzelastes erwecken, habe ich an Längsschnitten durch Nährwurzeläste wiederholt beobachtet. Wir müssen überhaupt im Auge behalten, daß normale Wachstumsvorgänge, wie sie echten Wurzeln zukommen, insonderheit ein normales Spitzenwachstum, an den Nährwurzelästen gewiß ausgeschlossen sind.[1]

Die eben entwickelte Anschauung über die Beeinflussung der Verzweigung der Nährwurzeläste durch den Parasiten könnte wiederum durch die Untersuchung frühester Jugendstadien von *Balanophora*-Knollen besser gestützt werden, über die ich aber leider nicht verfügte.

Auffallend, und als der jeweiligen Knollengestalt sehr entsprechend, erscheint jedenfalls der Unterschied in der Verzweigung der Nährwurzeläste bei *B. globosa* und den beiden anderen untersuchten Arten.

B. globosa hat bekanntlich Knollen von kugeliger Gestalt. Da diese beträchtliche Größe erlangen können, ist eine reichliche Verzweigung der Nährwurzeläste in deren Innerem von Vorteil. Nur so gewinnt der Parasit, beziehungsweise sein Thallus größeres Feld für die Absorptionstätigkeit. Anders verhält sich die Sache bei Arten mit verzweigten Knollen. Hier genügt in den einzelnen, nicht sehr dicken Knollenästen eine geringere Anzahl von Nährwurzelauszweigungen.

Anschließend an das über die Verzweigung der Nährwurzeläste in den Knollen der drei untersuchten *Balanophora*-Arten Gesagte komme ich auf die vermutliche zweite Funktion jener meristematischen Komplexe von Parasitengewebe zu sprechen, welche ober den Endigungen der wachsenden Wirtswurzelausstrahlungen gelagert sind: die Vermehrung des Knollenparenchyms durch akropetale und laterale Abgabe von Zellen. Vorerst sei bemerkt, daß ich außer den in Rede stehenden

[1] Heinricher führt in der zitierten Schrift p. 344 u. f. eine Reihe von Abweichungen des Baues der Nährwurzelausstrahlungen vom gewöhnlichen Wurzelbau an. Speziell sei hier auf das bezüglich des Fehlens einer Wurzelhaube Gesagte verwiesen.

meristematischen Gewebepartien und den sekundär auftretenden Meristemen für die Bildung der Blütensprosse keinerlei Vegetationspunkte weder für die Knollen überhaupt noch für deren etwaige Verzweigungen anzugeben vermag.[1] Die verschiedenen Wuchsformen der Knollen von *B. globosa* einerseits und jener von *B.* sp. und *B. elongata* andrerseits dürften sich aber unter der Voraussetzung, daß die oben genannten Meristemkomplexe die eigentlichen Vegetationspunkte der Knollen und ihrer Auszweigungen seien, unschwer aus der verschiedenartigen Verteilung dieser meristematischen Gewebspartien herleiten lassen.

Die weitgehende Verästelung der Nährwurzelausstrahlungen bei *B. globosa* legt, wenn wir uns an die früher mitgeteilten Beobachtungen erinnern, den Gedanken nahe, daß sich das ursprünglich einheitliche embryonale Parasitengewebe in eine verhältnismäßig große Zahl von Meristemen gespalten hat, welche während der ganzen Entwicklung der Knolle in deren Innerem ziemlich gleichmäßig verteilt sind. Wenn nun alle diese Meristeme stetig neues Knollenparenchym erzeugen, erscheint das Zustandekommen einer annähernd isodiametrischen Knolle recht verständlich.

Fig. 9. *N* Nährwurzeläste. Das Übrige im Texte.

Vergleichen wir hingegen die Verzweigung der Nährwurzeläste in den Knollen der beiden anderen Arten. Zur Illustration derselben diene Textfig. 9, die Skizze eines verzweigten Knollenstückes von *B.* sp., von welchem nach vorausgegangener Mazeration das oberflächliche, die Nährwurzeläste überdeckende Knollenparenchym entfernt wurde. Wir sehen

---

[1] Vgl. Solms-Laubach, »Über den Bau und die Entwicklung der Ernährungsorgane parasitischer Phanerogamen«, in Jahrb. f. wiss. Bot., 6. Bd., p. 535. »Einen weiteren, der Aufklärung bedürftigen Punkt in der Entstehungsgeschichte der *Balanophora*-Knolle finden wir in der Frage nach der Entwicklung ihrer Lappen und Verzweigungen und bleibt hier zu untersuchen, ob dieselben durch die Tätigkeit von Vegetationspunkten oder durch verschiedenseitig gefördertes Interkalarwachstum des gesamten Gewebes der jugendlichen Knolle entstehen. Jedenfalls weisen im ausgewachsenen Zustande die Verzweigungen keine Spur von Vegetationspunkten auf,....«.

hier — und ganz ähnlich ist das Verhalten bei *B. elongata* —, daß die überwiegende Zahl von seitlichen Verzweigungen der Nährwurzeläste im Wachstum stark zurückbleibt. Natürlich setzt an den Enden dieser kurzen Stümpfchen (Fig. 9, *n*) eine weitere Thallusbildung alsbald aus. Die Meristemkomplexe des Parasitengewebes, welche hier übrig bleiben, scheinen überhaupt frühzeitig in gewöhnliches Knollenparenchym übergegangen zu sein, was man an dem Verlust der charakteristischen Kleinzelligkeit des Gewebes und des Plasmareichtums seiner Zellen erschließen kann. Hingegen zeigen die in den apikalen Teilen der Knolle, beziehungsweise ihrer Äste, also über den in die Länge wachsenden Nährwurzelauszweigungen (Fig. 9, Regionen *a*) befindlichen Meristemkomplexe normales Verhalten. Wenn wir nun wiederum die Annahme machen, daß die über den Endigungen der Nährwurzeläste gelagerten embryonalen Gewebspartien die Vegetationspunkte des Knollenparenchyms seien, so würde die zylindrische Gestalt der Knollen von *B.* sp. und *B. elongata* sowie die bei diesen Arten vorkommende Bildung von Knollenästen sehr gut damit übereinstimmen, daß hier eine Reduktion der Zahl der Meristeme erfolgt und nur jene tätig bleiben, welche sich über den in die Länge wachsenden Nährwurzelauszweigungen befinden.

V. Die Beziehungen der knolleneigenen Leitbündel zu den Nährwurzelästen und die Verteilung beider in der Knolle.

Jede *Balanophora*-Knolle besitzt ein Bündelsystem,[1] dessen einzelne Zweige im Knollenparenchym entspringen und mit Nährwurzelästen nicht verwechselt werden können. Sie unterscheiden sich von diesen schon auf den ersten Blick durch ihre gleichmäßig dünne, fadenförmige Gestalt. Gebaut sind sie durchwegs nach dem kollateralen Typus. Ihren Hadromteil bildet eine geringe Anzahl sehr kurzer, spiralig bis netzförmig verdickter Tracheiden, deren Leptom hingegen setzt sich aus

[1] Es ist hier nicht der Platz, näher auf eine Besprechung der Angaben über die Existenz eines der *Balanophora*-Knolle eigenen Bündelsystems einzugehen. Ich verweise daher auf Heinricher's »Beiträge«, woselbst p. 442 u. f. diesbezügliche Befunde Unger's, Goeppert's und Solms-Laubach's zusammengestellt sind.

etwas gestreckten, von Balanophorin freien, aber plasmareichen und mit je einem großen Kern versehenen Elementen zusammen.[1]

Ein Moment, wodurch sie von Nährwurzelästen an jedem Schnitte auseinandergehalten werden können, ist der Mangel an Thalluszellen, der uns ja selbstverständlich erscheint und nur bei einer anderen Deutung dieser Zellen auffallen muß.[2] Auch das Fehlen einer verholzten Scheide gibt einen Unterschied gegenüber den Auszweigungen der Wirtswurzel.

Van Tieghem beobachtete bei verschiedenen Knollen, denen von *B. globosa* ausgenommen, eine Verteilung dieser Bündel auf zwei Zonen, eine zentrale und eine periphere. Die peripheren Bündel verlaufen nach ihm teils außerhalb der »Zentralzylinder« (recte der Nährwurzeläste), teils in gleicher Höhe, aber zwischen denselben. Für erstere gibt er an, daß sie stets verkehrt orientiert seien, also das Hadrom nach außen, das

---

[1] Goeppert beschreibt den Bau der knolleneigenen Bündel wie folgt: »Sie bestehen bei allen aus gestreiften, fast wurmförmig verkürzten Gefäßen, etwa 3 bis 10, umgeben von einigen verlängerten, gestreckten, parenchymatösen Zellen, welche kein Wachs (sc. Balanophorin), aber wohl einen ziemlich großen, fast die ganze Breite des Querdurchmessers einnehmenden Zellenkern enthalten« (l. c., p. 242). Durch Anwendung des Schulze'schen Mazerationsverfahrens konnte ich leicht feststellen, daß die wasserleitenden Elemente der Knollenbündel nur aus Tracheiden bestehen. Sie lassen sich nach Einwirkung des Reagens mittels Nadeln unschwer isolieren. Ihre Verdickungsweise ist, wie auch aus Fig. 30* und 30*** der Taf. II bei Goeppert hervorgeht, eine spiralige bis netzförmige. Van Tieghem findet ausschließlich spiralige Verdickungen (l. c., p. 157). Für den Leptomteil gibt Van Tieghem an derselben Stelle auch Siebröhren an. Ich vermochte solche nicht nachzuweisen, will aber ihr Vorkommen nicht absolut bestreiten. Peirce behauptet, daß die Gefäßbündel »schön entwickelter Knospen von *Balanophora elongata* Siebröhren enthalten....« (vgl. ein späteres Zitat aus Peirce). Peirce, »On the Structure of the Haustoria of some Phanerogamic Parasites«, in Annals of Botany, Vol. VII, London 1893, p. 324. Aus dem kurzen Absatz, den Peirce in der genannten Abhandlung den Balanophoraceen widmet, geht nirgends hervor, ob unter den »schön entwickelten Knospen« Infloreszenzsprosse oder Seitenäste der Knolle zu verstehen sind, weshalb ich nicht weiß, von welchen Bündeln Peirce spricht.

[2] Van Tieghem bemerkt: »Man sieht hier auch nichts von jenen großen ‚Sekretionszellen', die der Zentralzylinder (recte ein Nährwurzelast) einschließt« (l. c., p. 157). Vgl. dazu auch Heinricher's Schrift: »Ph. Van Tieghem's Anschauungen etc.«, p. 342.

Leptom nach innen kehren, während letztere sowie die zentralen Bündel vorwiegend normale Orientierung zeigen.[1] Van Tieghem's Angaben bestätigen sich an meinem Material von der *B. elongata* und der *B.* sp.

Betrachten wir zunächst die Lagerung der Nährwurzeläste in den genannten Knollenarten. Schon in den unteren Knollenpartien, wo nur zwei oder drei Nährwurzeläste vorhanden sind, verlaufen diese mehr in der Nähe des Knollenrandes. Mit der Annäherung an das obere Knollenende, beziehungsweise an das Ende eines Knollenastes, wo der Infloreszenzsproß austritt, verzweigen sie sich stets reichlicher und bilden die Nährwurzeläste immer deutlicher einen peripheren Kreis. Zur Illustration dessen führe ich in den Figuren 6, 7 und 8 der Taf. III Querschnitte aus verschiedenen Regionen des in Fig. 3 derselben Tafel abgebildeten Knollenstückes der *B.* sp. vor. Sie stellen der Reihe nach den 7., 20. und 61. Querschnitt oberhalb der durch den Strich in Fig. 3 bezeichneten Stelle dar. Wegen der weitgehenden Ähnlichkeit, welche die Knollen der *B. elongata* hinsichtlich der Verteilung der Nährwurzeläste sowie jener der knolleneigenen Bündel mit der ersteren zeigen, soll für diese Art Fig. 5 auf Taf. III genügen, die einen Querschnitt durch den in Fig. 2, Taf. III, wiedergegebenen Knollenast im Niveau des unteren Striches darstellt. In diesen wie in der später zu besprechenden Fig. 4 erscheinen die Nährwurzeläste, je nachdem sie quer oder schief getroffen sind, als größere Scheiben oder Streifen, die dem Parasiten eigenen Bündel hingegen als Punkte oder Striche. Wir ersehen schon aus Fig. 6 und 7 für *B.* sp., besonders gut aber aus Fig. 5 für *B. elongata*, daß eine Verzweigung der Nährwurzeläste nur gegen den Knollenrand hin erfolgt.

Aus den Fig. 5 bis 7 entnehmen wir ferner die Sonderung der knolleneigenen Bündel in solche, die einer zentralen, und

[1] Van Tieghem, l. c., p. 157. In dem Umstande, daß die peripher gelagerten Knollenbündel ihr Hadrom nach außen kehren, dürfte eine Bestätigung meiner früher über die Funktion der verholzten Knollenrinde ausgesprochenen Ansicht (Wasserabsorption und Abgabe von Wasser ans Knollenparenchym) zu erblicken sein. Vgl. Strigl, »Der anatomische Bau der Knollenrinde von *Balanophora* etc.« Diese Berichte, 1907, p. 1056 ff.

andere, die einer peripheren Zone angehören, welch letztere also den Nährwurzelästen folgen. Fig. 8 zeigt im Zentrum Bündel, die der vom Knollenparenchym schon fast ganz abgehobenen Infloreszenzachse angehören. Das als ringförmiger Wulst diese umgebende Knollengewebe enthält die auslaufenden Nährwurzeläste und eigene Bündel in reichlicher Menge. Die der *Balanophora* eigenen Stränge sind aber hier nicht bloß außer und zwischen den Verzweigungen der Wirtwurzeln gelagert, sondern finden sich zum Teil auch innerhalb derselben in jener schmalen Knollenpartie, welche zwischen dem Kreise der Nährwurzeläste und der zentralen Blütenstandsachse übrig bleibt. Die letzterwähnten knolleneigenen Bündel sind, wie auch aus Längsschnitten, die ich von Infloreszenz tragenden Knollenstücken der *B.* sp. anfertigte, klar hervorgeht, gegen die Peripherie strebende, in tieferen Schichten zentral gelagerte Bündel.

B. globosa weicht sowohl hinsichtlich der Verteilung der Nährwurzeläste als auch jener der eigenen Stränge von den geschilderten zwei Arten ab. In den unteren und mittleren Partien ihrer Knollen sind beiderlei Elemente auf die ganze Querschnittsfläche regellos verteilt.[1] Erst in der Region der Anlage einer Blütenknospe finden wir die Nährwurzeläste dem Knollenrande genähert, welche Lagerung wieder dadurch zustande kommt, daß eine Verzweigung derselben nur mehr gegen die Peripherie hin stattfindet. (Vgl. Fig. 4, Taf. III, welche einem Querschnitt durch das in Fig. 1 derselben Tafel abgebildete Knollenstück von *B. globosa* aus der durch den Strich bezeichneten Region entspricht.) Die Figur zeigt auch ein verschiedenes Verhalten seitens der knolleneigenen Bündel. Sie nehmen hier wesentlich die zentrale Knollenpartie ein und es fehlt eine Zone peripherer Bündel.

Nach dem Gesagten findet bei *Balanophora* eine Verteilung der eigenen Bündel über den ganzen Knollenquerschnitt statt. Dadurch erinnert sie an den Bau der Stengelorgane von Monokotylen.[2] Eine ähnliche Bündelverteilung trifft man aber

[1] Vgl. Van Tieghem, l. c., p. 188.

[2] Siehe Goeppert, l. c., p. 256.

mitunter auch bei anderen Angehörigen der Dikotyledonen an. So z. B. in der Gattung *Centaurea*, wo außer dem typischen Bündelring noch sehr verbreitet rindenständige Bündel vorkommen. Am meisten prägt sich aber hier die Ähnlichkeit mit einem Monokotylensproß in den terminalen Stengelpartien, also in der Nähe des Blütenkorbes aus.[1] Der Nutzen einer so reichlichen Verteilung der Bündel auf dem Querschnitt der *Balanophora*-Knolle muß entschieden darin erblickt werden, daß auf diese Weise die für die Bildung und namentlich für das Wachstum der Infloreszenzen nötigen Baustoffe dem gesamten Knollengewebe gleichmäßig leicht entnommen werden können. Es ist diese weitgehende Aufteilung des eigenen Leitsystems gewissermaßen ein Analogon zu der reichlichen Verzweigung der Nährwurzeläste.

Über die näheren Beziehungen des Systems der knolleneigenen Bündel zu den Nährwurzelausstrahlungen herrschen die entgegengesetztesten Ansichten: einerseits Inabredestellung jedweden Kontaktes, andrerseits Behauptung innigster gegenseitiger Verbindung der korrespondierenden Elemente des Holz- und Siebteiles. Überdies finden sich auch Angaben über bloß unvollkommene Vereinigung u. dgl.

Goeppert berichtet in dieser Sache folgendermaßen: »Die dem Parasiten eigenen, auch schon von Herrn Unger beobachteten Gefäßbündel entspringen schon unmittelbar über der zelligen Basis desselben, mitten im Parenchym, wie ich sie namentlich bei *B. elongata* (Tab. I, Fig. 5 *b*) und *B. globosa* (Tab. I, Fig. 25, *B*, *b*) schon in der Entfernung von $^1/_8$ Zoll vom Ursprung wahrnahm, verlaufen von hier aus, sich unter spitzen

[1] Heinricher, »Der abnorme Stengelbau der Centaureen, anatomisch-physiologisch betrachtet«, in Ber. d. Deutschen Bot. Ges., Bd. I, p. 122 ff. Vgl. insbesondere Fig. 7 auf Taf. V daselbst. Unregelmäßige, zerstreute Anordnung der Gefäßbündel auf dem Querschnitt des Stengels, ähnlich wie im Monokotylenstengel, haben *Podophyllum*, *Jeffersonia*, *Diphylleia* und *Leontice* aus der Familie der Berberidaceen. Vgl. Solereder, »Systematische Anatomie der Dicotyledonen« (1899), p. 52 (Fig. 10 daselbst für *Podophyllum peltatum* L.). Durch den Besitz rindenständiger Bündel, welche allerdings verkehrte Orientierung zeigen, erinnern auch der Blütenschaft von *Drosophyllum*, ferner die Stengel verschiedener Plumbaginaceen an die Art der Bündelverteilung bei Monokotyledonen (siehe Solereder, l. c., p. 370 und 564).

Winkeln in zarte, aber niemals anastomosierende Ästchen verteilend, ... zum Teil mehr in der Mitte der Äste (d. i. der Knollen) und gehen allein nur in die Blütenknospen über ...«, ferner. »In die Knospen und Blütenteile, bis in die Antherenträger, gehen nur die dem Parasiten eigenen gestreiften Gefäße, welche schon unfern der Basis oder der Insertion in die Mutterpflanze in dem Zellgewebe entspringen und ununterbrochen ihren eigentümlichen, oben beschriebenen Charakter beibehalten, ohne jemals mit jenen (sc. den Nährwurzelästen) zu anastomosieren«.[1]

Im Gegensatz zu Goeppert behaupteten andere Forscher eine direkte Verbindung der dem Parasiten eigenen Bündel mit den Nährwurzelästen.[2]

Eine angeblich minder vollkommene Vereinigung beschreibt Van Tieghem. Er sagt: »Nähert man sich nun von dieser

---

[1] Goeppert, l. c., p. 241, 242 und 254.

[2] Hooker schreibt: »M. Goeppert accurately describes the vascular bundles of the inflorescence as originating in the buds whilst still enclosed within the rhizome; but whereas he figures and describes them as having free terminations, I find them to become confluent with the vascular bundles of the rhizome« (Hooker, »On the Structure and Affinities of Balanophoreae«, in Transactions of the Linnean Society of London, Vol. XXII, p. 9). Hooker meint hier offenbar den Zusammenhang der Bündel des Blütenschaftes mit Nährwurzelästen, sonst bestünde ja keine Kontroverse mit Goeppert. Einen Zusammenhang der Infloreszenzbündel mit dem der Knolle eigenen Bündelsystem stellt auch Goeppert fest, wie wir aus den obigen Zitaten im Texte ersehen.

Solms-Laubach schließt sich der Ansicht Hooker's an, wenngleich sich, wie er bemerkt, seine Untersuchungen auf kärgliches Material beschränken (vgl. Solms-Laubach, »Über den Bau und die Entwicklung der Ernährungsorgane parasitischer Phanerogamen«, l. c., p. 534 u. f.).

G. J. Peirce berichtet (nach deutscher Übersetzung): »Behandlung von dünnen Schnitten schön entwickelter Knospen von *Balanophora elongata* mit einer wässerigen Anilinblaulösung zeigt, daß die Gefäßbündel Siebröhren enthalten und daß beide, sowohl Siebröhren als Tracheiden, direkt mit den korrespondierenden Elementen des Wirtes sich vereinigen« (l. c., p. 324).

Engler spricht ebenfalls von einer gelegentlichen Verbindung der Bündel der Blütenstände mit den Nährwurzelauszweigungen (siehe dessen Bearbeitung der *Balanophoraceae* in den »Natürlichen Pflanzenfamilien«, III. Teil, 1. Hälfte, p. 246).

Schnittfläche (in mittlerer Knollenpartie) aus mehr der Basis der Insertion, so sieht man in dem Maße, als der Durchmesser der Knolle sich verkleinert, daß die „Zentralzylinder" (d. i. die Nährwurzeläste) sich nach und nach vereinigen... Ebenso nähern sich auch die Gefäßbündel (d. i. die der *Balanophora* eigenen Bündel) einander, die inneren sowohl wie die äußeren, und verringern ihre Zahl, indem sie da und dort seitlich verschmelzen; dann vereinigen sie sich nach und nach mit den „Zentralzylindern" und verschwinden wie diese. Diese Vereinigung ist übrigens nur sehr unvollkommen. Wenn die verkehrt orientierten Gefäßbündel des äußeren Kreises in geringer Entfernung vom „Zentralzylinder", dem sie sich nähern, angelangt sind, verlieren sie vollständig ihren äußeren Gefäßteil und setzen sich nur in ihrem inneren Siebteil fort. Dieser durchsetzt die „Endodermis", tritt in die äußerste Schicht des „Perizykels"[1] ein und verkriecht sich in diesem, indem er vor seiner Endigung immer dünner wird. Er dringt nicht weiter in den Perizykel vor und durchsetzt ihn nicht, um seine Siebröhren mit jenen des Bastes des „Zentralzylinders" zu vereinigen...".[2]

In ganz analoger Weise beschreibt Van Tieghem an einer späteren Stelle das Hervorgehen neuer Bündeläste durch Teilungen von Zellen der »äußeren Schichte des Perizykels der Zentralzylinder« (recte der Nährwurzelauszweigungen), wodurch anfänglich nur Siebteil gebildet wird. In einiger Entfernung vom »Zentralzylinder« erhält dieser Leptomstrang erst Hadromelemente, und zwar durch entsprechende Teilungen des benachbarten Knollenparenchyms.[3]

Das Resultat meiner Untersuchungen weicht sowohl von den Angaben Goeppert's als auch von den anderweitig gegebenen Darstellungen ab. Zum Nachweis eventuellen Zusammenhanges der knolleneigenen Bündel mit Nährwurzelästen zerlegte ich das in der Anmerkung 1, unter *A*, *c*, p. 1128, ange-

[1] Es wurde schon p. 1147 und 1148 bemerkt, daß Endodermis und Perizykel von Van Tieghem hier ganz willkürlich angenommen werden.

[2] Van Tieghem, l. c., p. 158 und 159.

[3] Van Tieghem, l. c., p. 158 und 159.

gebene Knöllchen von *B. globosa* in Querschnitte, angefangen von der Insertionsstelle bis zum obersten Ende desselben. Ferner wurden von den in den Fig. 1 bis 3, Taf. III, abgebildeten infloreszenztragenden Knollenstücken der drei untersuchten Species Querschnittsserien angefertigt. Von einem direkten Anschluß der knolleneigenen Stränge an Nährwurzelästе, so zwar, daß die Hadrom- und Leptomelemente der einen sich mit entsprechenden Elementen der anderen verbänden, fand sich keine Spur. Trotzdem existiert aber ein gewisser Anschluß.

In Fig. 4, Taf. I, ist oberhalb der aus einer Zellschicht bestehenden verholzten Scheide *SS* eine Partie Wirtsgewebes zu sehen, in einiger Entfernung davon taucht unten ein quergetroffener, dem Parasiten eigener Strang auf, bestehend aus drei Tracheiden und mehreren Leptomelementen. Den Leptomteil dieses Bündels und die Scheide *SS* verbindet eine Kette von Zellen, die sich durch ihre geringere Größe sowie durch den Mangel an Balanophorin und den reichen Plasmagehalt vom umgebenden Knollenparenchym unterscheiden, in eben diesen Punkten aber den Leptomelementen der knolleneigenen Bündel gleichen. Lediglich auf solche, nicht eben häufige Verbindungskonstruktionen beschränkt sich der Zusammenhang zwischen Knollenbündeln und Nährwurzelästen. Bei dem oben erwähnten Knöllchen von *B. globosa* war nur an Querschnitten durch dessen Basalteil einige Male ein derartiger Zusammenhang zu sehen. Öfters konnte ich ihn an jenen Querschnitten durch infloreszenztragende Knollenstücke beobachten, welche in deren obersten Regionen geführt waren. Man vgl. Fig. 8, Taf. III. Die Stellen, wo Verbindungen der knolleneigenen Bündel mit Nährwurzelästen bestehen, sind hier wie in den übrigen Querschnittsbildern der Taf. III durch ein Kreuzchen angedeutet.

Den geschilderten Verbindungseinrichtungen werden wir keine allzu hohe Bedeutung beimessen dürfen. Es ist durch sie nur eine ausnahmsweise schnellere Ableitung der Absorptionsprodukte des Thallus an die dem Parasiten eigenen Bündel bezweckt und erreicht, welch letztere die weiterzuleitenden Stoffe für gewöhnlich dem umgebenden Knollengewebe zu entnehmen haben. Die Erscheinung des vermehrten Auftretens von

Verbänden zwischen Knollenbündeln und Nährwurzelästen in den obersten Knollenpartien läßt sich vielleicht so zurechtlegen, daß hier, wo die letzte Ausnutzung der Nährwurzeläste seitens des Thallus erfolgt, auch für möglichst rasche Abfuhr der Absorptionsprodukte gesorgt wird. Während nämlich das Wachstum der Knolle bis zur hinlänglichen Erstarkung ein ziemlich langsames sein dürfte, vollzieht sich hier die endogene Anlage der Infloreszenz, deren Durchbruch und Ausgestaltung ohne Zweifel viel rascher, welcher Umstand eine beschleunigte Zufuhr von Baustoffen geradezu notwendig macht.

Die Entstehung der die knolleneigenen Bündel mit Nährwurzelästen verbindenden Zellreihen ist sehr wahrscheinlich auf das früher geschilderte meristematische Parasitengewebe, das sich oberhalb der jeweiligen Spitzen der Nährwurzeläste befindet, zurückzuführen. Wir haben dabei nur anzunehmen, daß diese Zellzüge durch ihre Gestalt und ihren Inhalt (geringere Größe der einzelnen Zellen, Mangel an Balanophorin, Reichtum an Plasma) dauernd von dem übrigen Knollenparenchym verschieden bleiben. Die Angabe Van Tieghem's, daß durch Teilungen von Zellen der »äußeren Schichte des Perizykels der Zentralzylinder« (richtig beurteilt also etwa durch Teilungen der Scheide eines Nährwurzelastes) anfänglich nur Siebteil (= den hier beschriebenen Verbindungseinrichtungen zwischen knolleneigenen Bündeln und Nährwurzelästen) gebildet werde, dem sich später Hadromelemente durch Teilungen von Elementen des Knollenparenchyms zugesellen (vgl. p. 1165 dieser Abhandlung), scheint mir dagegen jeglicher Grundlage zu entbehren.[1]

Zum Schlusse noch eine kurze Notiz, betreffend den Anschluß der Bündel des Infloreszenzsprosses an knolleneigene Stränge. Stellt man diesbezügliche Untersuchungen an Knollen mit bereits ausgetretenen Infloreszenzen an, so hat es den

[1] Es wäre möglich, daß Fig. 4, Taf. I, zur Vorstellung führte, als enthielte der Schnitt eben nur den Leptomteil eines das knolleneigene Bündel mit dem Nährwurzelast verbindenden Stranges, während oben oder unter demselben Hadrom gelagert sein könnte. Jedoch überzeugte ich mich in allen Fällen, daß derartige Verbindungseinrichtungen ausschließlich aus leptomartigen Zellzügen bestehen.

Anschein, als gingen die zentral gelagerten Knollenbündel oder Zweige derselben direkt in die Achse der Infloreszenz über. In Wirklichkeit kommen aber die Leitstränge der Infloreszenz keineswegs durch Weiterwachsen der zentralen, knolleneigenen Bündel zustande. Sie sind vielmehr, wie die Untersuchung endogener Anlagen von Infloreszenzen zeigte, in ihrer Herkunft von jenen Bündeln der Knolle ganz unabhängig und gehen aus isolierten Meristemstreifen, die im apikalen Teile der endogenen Infloreszenzanlage auftauchen, hervor. Dadurch, daß diese einzelnen Meristemstreifen in basipetaler Richtung fortgesetzt werden, kommt es zum Anschluß an die zentral gelagerten, knolleneigenen Bündel.[1]

Zusammenfassung.

1. Der Thallus von *Balanophora* wird in einen primären und einen sekundären geschieden. Ersterer, offenbar ein Anfangsprodukt des keimenden Parasiten, nimmt die hypertrophische Nährwurzelpartie an der Ansatzstelle der Knollen ein; letzterer durchzieht in Längsreihen die in die Knolle eintretenden Nährwurzeläste und wird, wie mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen ist, durch embryonales Parasitengewebe, das sich über den Enden der genannten Äste als solches erhält, gebildet und beständig ergänzt.

2. Die bereits von Heinricher für *B. globosa* und *B. elongata* nachgewiesene Lokalisierung des Primärthallus auf die an der Basis der Knollen befindliche Nährwurzelanschwellung bestätigt sich auch bei einer anderen, allerdings unbestimmten *Balanophora*-Spezies. Demnach entstehen auch die Knollen dieser Art durch Samen, nicht aber durch einen die Nährwurzel auf irgend weitere Strecken durchziehenden und zu vegetativer Fortpflanzung befähigten Thallus.

---

[1] Van Tieghem gibt ebenfalls eine Schilderung des Zusammenhanges der Blütenstandsbündel mit den knolleneigenen Bündeln; sie ist aber entschieden unklar, und zwar besonders aus dem Grunde, weil er l. c., p. 189, die Goeppert'sche Darstellung (die wir bereits aus den Zitaten p. 1164 dieser Abhandlung kennen) scharf verurteilt, während er selbst kurz zuvor (l. c., p. 162) die Auffassung Goeppert's geradezu teilt.

3. Gestalt und Inhalt der Thalluszellen sowie deren stets gewahrter Zusammenhang werden ausführlich beschrieben. Als große, meist längsgestreckte Blasen sofort auffallend, lassen sie sich im allgemeinen sehr leicht vom Wirtsgewebe unterscheiden. Ein Fall scheinbarer Isolierung von Thalluszellen wird eingehend erörtert und sein Zustandekommen durch verlangsamte Einwirkung des Fixierungsmittels erklärt. Den Inhalt der Thalluszellen bilden reichliche Eiweißmengen in Form von Zellplasma und große Kerne. Nicht selten enthält eine Thalluszelle zwei Kerne. Im Plasma, namentlich aber in den Kernen finden sich Einschlüsse in Gestalt eckiger, unregelmäßiger Körner, die Holzreaktionen geben. Sie werden vom Thallus aus verflüssigter Holzsubstanz des Wirtsgewebes gelegentlich aufgenommen, haben aber wahrscheinlich keine größere Bedeutung im Stoffwechselprozeß.

4. Der in den Nährwurzelästen eingelagerte Thallus steht durch verschiedentlich angelegte, deren Gewebe durchquerende Zellen oder Zellzüge mit dem Knollenparenchym in Verbindung: Als »Ableitungszellen« gehen Thalluselemente gegen das Knollenparenchym ab und anfänglich als »Haustorien« fungierende Zellen wachsen vom Knollenparenchym gegen den Thallus hin. Nach Herstellung des Anschlusses an Thalluszellen besorgen auch diese die Ableitung der Absorptionsprodukte des Thallus an das Knollenparenchym. Das den Nährwurzelästen zunächst anliegende Knollengewebe bildet durch Verholzung der Wände und tangentale Abplattung der Zellen eine Art Scheide um die Auszweigungen der Wirtswurzel. Durchschnittlich umfaßt diese Scheide zwei Zellschichten. Durch reichlichen Besitz großer Tüpfel eignen sich diese Schichten als Durchgangsgewebe für die vom Thallus an das Knollenparenchym abzuleitenden Stoffe.

5. In einer zusammenfassenden Charakterisierung des *Balanophora*-Thallus als Absorptionssystem des Parasiten wird zunächst die Größe der Thalluszellen als Kompensationseinrichtung zur Vergrößerung der absorbierenden Oberfläche gegenüber dem verhältnismäßig im geringen Ausmaß zur Verfügung stehenden Wirtsgewebe gedeutet. Ferner wird dem Thallus die Fähigkeit zur Bildung und Ausscheidung von

mancherlei Fermenten zugesprochen, die teilweise zum Zwecke des Erwerbes der Nährstoffe, teilweise zur Aufweichung oder partiellen Lösung von Zellwänden des Wirtsgewebes und damit zur Erleichterung des aktiven Vordringens des Thallus produziert werden.

6. Ein aktives Vordringen von Thalluselementen im Wirtsgewebe ist für den Primärthallus und die erwähnten »Ableitungszellen« in den Nährwurzelästen anzunehmen. Es erfolgt vielfach unter vorausgehender Bildung dünner, schlauchförmiger Fortsätze.

7. Sozusagen passiv erfolgt die Einlagerung der Thallusketten in die Auszweigungen der Wirtswurzel, indem die vom embryonalen Parasitengewebe, welches den jeweiligen Spitzen der Nährwurzeläste haubenartig aufsitzt, basipetal abgegebenen Zellreihen vom Nährgewebe umwachsen werden. Jede Schädigung der noch nicht erstarkten Endteile der Nährwurzelausstrahlungen seitens des jugendlichen Thallus ist unbedingt ausgeschlossen. Es wird Heinricher's Ansicht vertreten, derzufolge an den genannten Stellen sogar eine Umkehr des Parasitismus stattfindet, indem hier der Wirt Bildungsstoffe vom Thallus des Parasiten empfängt.

8. In den Komplexen meristematischen Parasitengewebes, welche sich über den Spitzen der wachsenden Nährwurzelauszweigungen befinden, sind sehr wahrscheinlich die Vegetationspunkte der *Balanophora*-Knolle zu erblicken.

9. Weiters wird die Verteilung der Nährwurzelauszweigungen und der dem Parasiten eigenen Stränge in der Knolle besprochen. Erstere verlaufen bei *B. elongata* und *B. sp.* mehr in der Nähe des Knollenrandes und sind am Knollenquerschnitt deutlich in einem Kreise angeordnet. Bei *B. globosa* jedoch finden sie sich in den unteren und mittleren Knollenpartien über den ganzen Querschnitt regellos zerstreut, erst in den obersten Regionen weichen sie nach der Peripherie ab. Die dem Parasiten eigenen Bündel teilen sich bei den erstgenannten Arten in zwei Zonen auf, eine zentrale und eine periphere, welche Aufteilung gegen die Region der angelegten Blütensprosse hin immer deutlicher hervortritt. Bei *B. globosa* verschwinden die peripheren Bündel in der obersten Region der

Knolle fast vollständig. Die Anordnung der dem Parasiten eigenen Stränge an Querschnitten durch beliebige Knollenarten erinnert an den Typus der Bündelverteilung in Stengelorganen von Monokotyledonen. Eine derartige Aufteilung des Leitungssystems der *Balanophora*-Knolle entspricht dem Bedürfnis der möglichst allseitigen Entnahme von Bildungsstoffen aus dem Knollengewebe zur Zeit der Entfaltung der Infloreszenzen.

10. Durch leptomartige Zellreihen, welche die Scheide der Nährwurzeläste mit dem Leptom der knolleneigenen Bündel verbinden, ist ein Zusammenhang dieser mit den Nährwurzelästen hergestellt. In den basalen Knollenpartien kommen solche Verbindungen selten vor, häufiger hingegen in den oberen Regionen der Knollen. Dieses unterschiedliche Verhalten wird in der Weise erklärt, daß hier oben ein im Vergleich zu den unteren Knollenteilen rascheres Wachstum des Parasiten stattfindet, weshalb eine beschleunigte Abfuhr der Absorptionsprodukte des Thallus zweckdienlich erscheint.

11. Die Bündel der Infloreszenzachse entstehen aus isolierten Meristemstreifen, die sich im apikalen Teil der endogenen Infloreszenzanlage bilden. Indem sich die genannten Meristeme basipetal fortsetzen, kommt es zu deren Anschluß an die zentral gelagerten, knolleneigenen Bündel. Sind die Infloreszenzen einmal aus der Knolle hervorgebrochen, dann befinden sich die beiden genannten Bündelsysteme in so innigem Zusammenhang, daß man den Eindruck gewinnt, als gingen die zentralen, knolleneigenen Bündel direkt, d. i. durch Weiterwachsen, in die Achse des Blütenstandes über.

12. In vielen Punkten, zum Teil solchen von grundlegender Bedeutung, ergeben sich Kontroversen mit den Anschauungen Van Tieghem's über den Bau der *Balanophora*-Knolle, die, im wesentlichen schon von Heinricher erledigt, hier in möglichst knapper Form gehalten wurden.

Zusatz.

Van Tieghem scheint p. 154 seiner Abhandlung den sternförmigen Pusteln, die sich an der Knollenoberfläche mehrerer *Balanophora*-Arten finden, die Funktion von Lenti-

cellen zuzusprechen. Wegen der äußeren Ähnlichkeit dieser Pusteln mit Lenticellen dachte ich anfänglich ein gleiches. Doch ist die Ähnlichkeit wirklich eine bloß äußerliche. Abgesehen davon, daß die Pusteln, wie auch Van Tieghem bemerkt, nicht sekundären Ursprungs sind, weist deren anatomischer Bau keinerlei Merkmale eines den Lenticellen vergleichbaren Durchlüftungsorganes auf; denn es fehlt jede Spur des für Lenticellen so charakteristischen Füllgewebes, das durch eine Verjüngungsschicht beständig ergänzt werden sollte. Unrichtig ist, wenn Van Tieghem l. c. angibt: »In jeder der Pusteln verholzen die äußeren, rindenartigen Schichten ihre Membranen, ohne sie jedoch zu verdicken, wie es die Epidermis selbst tut, und zu gleicher Zeit runden sie ihre Zellen ab und trennen sie seitlich; es entstehen dadurch Längsgänge, welche nach außenhin durch das Auseinanderweichen der übergelagerten Epidermiszellen münden.« Ich habe in Fig. 4, Taf. II, meiner Arbeit über die Knollenrinde von *Balanophora* den Querschnitt durch eine Sternpustel dargestellt. Das Knollenparenchym, welches an die trichterförmige Einsenkung der Pustel heranreicht, ist unverholzt und zeigt keine Intercellularen. Eine Isolierung von Zellen ist nur in der äußersten, stark verholzten Rindenpartie der umgebenden, wallartigen Wucherungen bemerkbar. Die dadurch entstehenden Zwischenräume können aber für den Gaswechsel der Knolle gar nicht in Betracht kommen, sonst müßten sie offenbar eine Fortsetzung weiter ins Innere des peripheren Knollengewebes haben. Das Vorhandensein von Längsgängen in den äußeren, rindenartigen Schichten muß ich aber entschieden in Abrede stellen.

Mit Bezug auf meine früheren Ausführungen halte ich daran fest, daß die Pusteln oder Sternwarzen besondere Organe der verholzten Knollenrinde darstellen, welche letztere in der Funktion der Wasseraufnahme unterstützen, ja zu erhöhter Wasserabsorption befähigt sind und demnach als »Wasserfänge« bezeichnet werden können.[1]

[1] Strigl, »Der anatomische Bau der Knollenrinde von *Balanophora*...«, l. c. p. 1058.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Die Fig. 1 bis 3 beziehen sich auf das junge Knöllchen von *B. elongata* (vgl. Anmerkung 1, *B, b*, p. 1128).

Fig. 1. Nach einem Querschnitt durch das Knöllchen in basaler Region, wo der eingetretene Wirtswurzelast sich zu teilen beginnt. Nest zusammenhängender Thalluszellen mit den großen Kernen, deren Inhaltsstoffe bei der angewandten Hämatoxylintinktion deutlich hervortraten. Zellplasma nicht eingezeichnet. Bei *a'* größere, bei *a* kleinere Ansammlungen geflossener Massen von gelöster Holzsubstanz des Wirtsgewebes. Ableitungszelle *A* schließt, das Wirtsgewebe durchquerend, links an Thalluszellen, rechts an die durch stärkere Wände sich kennzeichnende Partie von Scheidegewebe an; *s* letzterem angehörige Zellen. Vergr. 235.

Fig. 2. Partie aus einem Längsschnitt durch den hypertrophischen Teil der Wirtswurzel an der Ansatzstelle des Knöllchens. Mehrere Thalluszellen von undeutlicher Abgrenzung gegen das Wirtsgewebe. Bei *d* ist die Membran der unteren, großen Thalluszelle abgehoben und deshalb hier besser zu verfolgen. Zelle *T* übte lebend durch ihren Turgor auf das rechts anliegende Gefäß einen anscheinend erheblichen Druck aus, drei andere tracheale Elemente sind an der Stelle, wo sich die Thalluszelle befindet, wahrscheinlich weitgehend gelöst, oben und unten kommen die unversehrten Fortsetzungen derselben zum Vorschein. Bei *c* von unten durchschimmernde Reste trachealer Elemente, deren Verdickungsleisten sich mit basischem Fuchsin kaum mehr färbten. *a* deutet geflossene Massen an, ebenso *b*; hier finden sich gleiche Körner wie in den Thalluszellkernen, sie sind aber einem braungelben Gerinnsel eingelagert. Vergr. 235.

Fig. 3. Kern einer Thalluszelle bei 1020facher Vergrößerung. Das Nähere im Texte p. 1141.

Fig. 4. Verbindung eines Knollenbündels mit einem Nährwurzelast vermittels leptomartiger Zellreihen an einem Querschnitt durch die oberste Partie des Knollenastes von *B. sp.*, Fig. 3, Taf. III. — *SS* die verholzte, hier nur mehr aus einer Zellreihe bestehende Scheide. Vergr. 145.

Taf. II.

Die Fig. 1 und 2 beziehen sich wiederum auf das junge Knöllchen von *B. elongata*.

Fig. 1. Partie eines Längsschnittes durch die Wirtswurzel unter der Ansatzstelle des Knöllchens. Thalluszelle *T* entsendete einen englumigen Fortsatz, der bereits einen Kern enthält, aber noch nicht durch eine Querwand abgetrennt ist. Bei *b* schien die Thalluszelle auf benachbarte Tracheiden lösend einzuwirken. Bei *a* geflossene Holzmassen. Vergrößerung 235.

Fig. 2. Partie aus einem längsgetroffenen Nährwurzelast im Knöllchen. Man sieht, wie sich die Thalluszellen den trachealen Elementen enge anschmiegen. Infolge der Übereinanderlagerung mehrerer Thalluszellen im mittleren Teile der Figur ist die Zugehörigkeit der Membranen daselbst unklar. Bei *a* gummöse, geflossene Massen in Lücken des Gewebes. Vergr. 350.

Fig. 3. Annähernd längsmedian getroffenes Ende eines Nährwurzelastes (Knöllchen *B, c* in Anmerkung 1, p. 1128). Oberhalb der Spitze des Nährwurzelastes meristematisches Parasitengewebe. Von diesem basipetal abgegebene Zellreihen werden vom Wirtsgewebe umwachsen und stellen so den jungen Thallus vor. In der mittleren dieser Zellreihen ist der strenge Zusammenhang der einzelnen Elemente auf eine weitere Strecke zu verfolgen. — Durch schärfere Linien ist eine Scheide um den Nährwurzelast markiert. In Wirklichkeit ist sie nur durch die Gestalt ihrer Zellen, nicht aber durch Membranverholzung als solche erkennbar, befindet sich demnach erst im Stadium der Anlage. Gezeichnet nach einem mit Säurefuchsin gefärbten Präparat. Daher in den Zellkernen nur die Nucleoli (manchmal deren zwei in einem Kerne) ersichtlich. Vergr. 145.

Fig. 4 bis 10. Verschiedene, von der gewöhnlichen runden Gestalt durch starke Längsstreckung oder Krümmung abweichende Thalluszellkerne aus einem Nährwurzelast der *B. globosa* (vgl. Anmerkung 1, *A, a*, p. 1128). Solche Formen sind wahrscheinlich als Ergebnis von Schrumpfungen infolge verlangsamter Einwirkung des Fixierungsmittels zu deuten. Das Präparat war mit Kernschwarztinktion behandelt worden. Die Einschlüsse blieben ungefärbt. Vergr. allgemein 550.

Nota: Sämtliche Abbildungen auf Taf. I und II wurden unter Benützung eines Zeiß'schen Zeichenprismas hergestellt.

Taf. III.

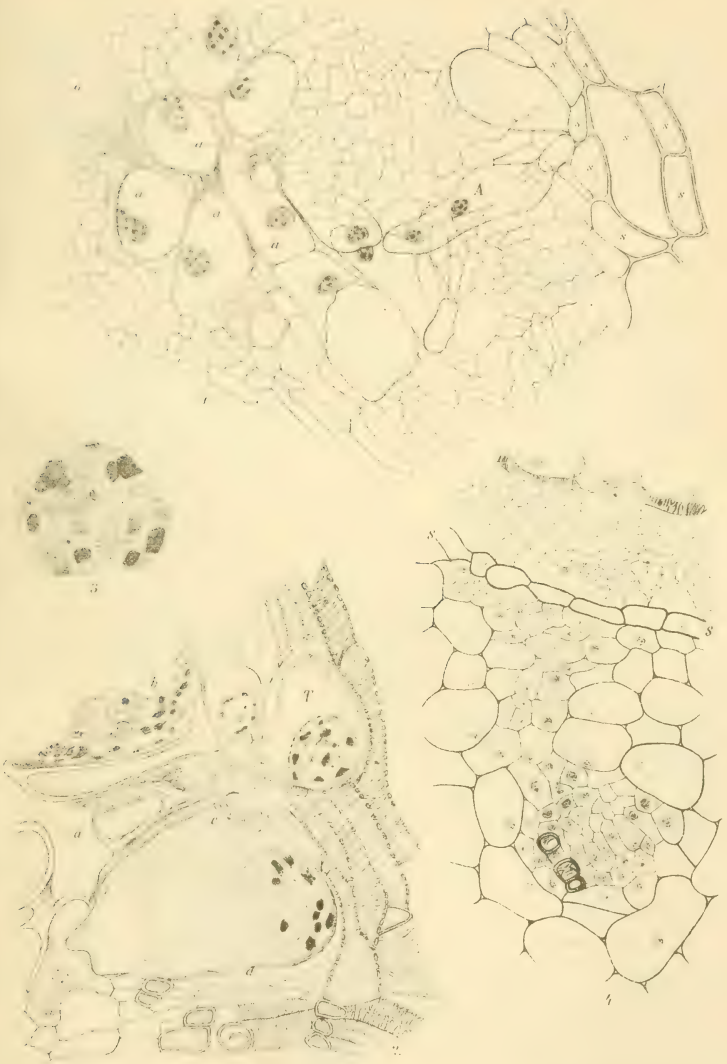
Fig. 1 bis 3 nach photographischer Aufnahme von Bleistiftzeichnungen. — Fig. 4 bis 8 nach photographierten Kanadabalsampräparaten (Behandlung der Schnitte: Extraktion des Balanophorins mittels Äthers. Färbung mit basischem Fuchsin und Pikrinsäure). — Für die gütige Besorgung dieser Aufnahmen sagt Verfasser dem Herrn Privatdozenten Dr. A. Wagner besten Dank.

Fig. 1 bis 3. Endstücke von *Balanophora*-Knollen mit mehr weniger weit entwickelten ♀ Infloreszenzen. 1 von *B. globosa*, 2 von *B. elongata*, 3 von *B. sp.* (vgl. dazu Anmerkung 1 und 2, p. 1128). Natürliche Größe.

Fig. 4. Querschnitt durch die Knolle von *B. globosa* in der Region des Striches in Fig. 1. Größere, dunkle Kreise oder Streifen bedeuten hier wie in den Fig. 5 bis 8 die quer, beziehungsweise schief getroffenen Nährwurzeläste, während die dem Parasiten eigenen Bündel als dunkle Punkte oder Striche hervortreten. Erstere nähern sich der Knollenperipherie; Zweige werden nur mehr nach dieser hin abgegeben. Die der Knolle eigenen Bündel nehmen hier fast ausschließlich die mittlere Knollenpartie ein. Mit *x* ist hier wie auch in den Fig. 5, 7 und 8 ein kurzer Verbindungsstrang zwischen einem Nährwurzelast und einem (in diesem Falle unter der Schnittfläche endigenden) knolleneigenen Bündel angedeutet. Die zwei mit *a* bezeichneten Stellen bedürfen insofern einer Erklärung, als hier nicht etwa Verbindungen zwischen Nährwurzelästen und der Knollenrinde bestehen, sondern die dunklen Streifen nur durch Faltungen des Schnittes und damit zusammenhängende Übereinanderlagerung von Gewebe hervorgerufen sind. In der Umgebung von *b* ist der Schnitt infolge Pressung zerrissen. Vergr. 2·7.

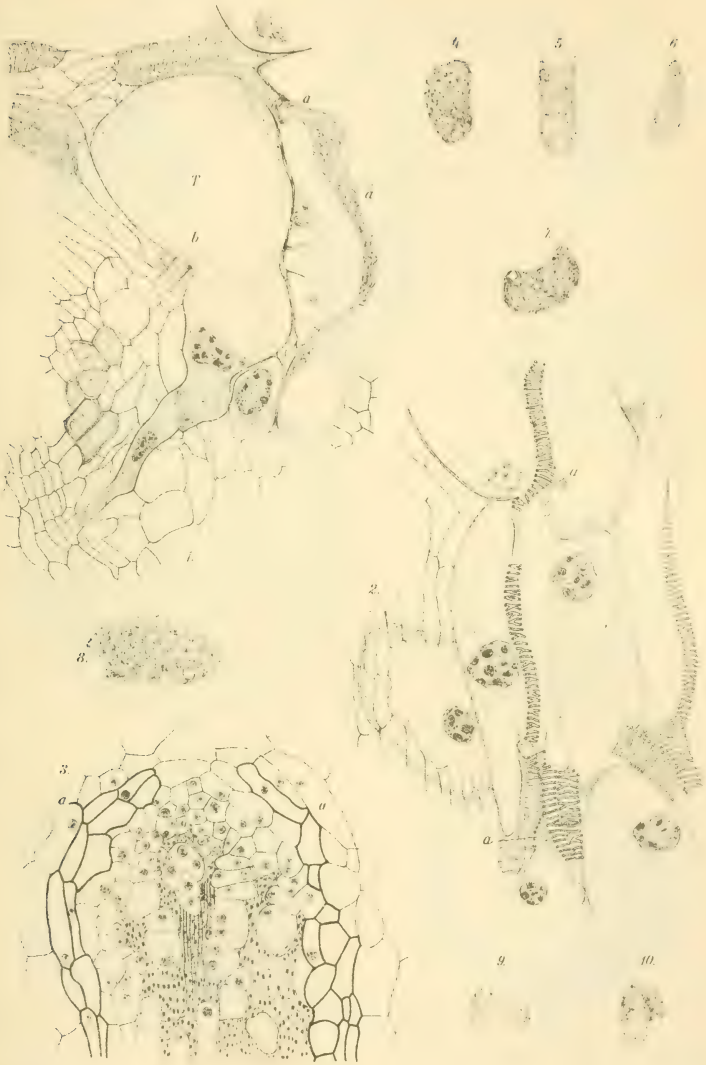
Fig. 5. Querschnitt durch die Knolle von *B. elongata* (in der Nähe der durch den unteren Strich in Fig. 2 angedeuteten Region). Die Nährwurzeläste weichen ebenfalls gegen die Peripherie aus. Periphere, knolleneigene Bündel in größerer Zahl vorhanden. Vergr. 3.

Fig. 6 bis 8. Der Reihe nach der 7., 20. und 61. Schnitt aus der Serie von Querschnitten, die durch das Endstück der Knolle von *B. sp.* (Fig. 3, vom Strich an aufwärts) angefertigt wurden. Von 6 bis 8 nimmt sowohl die Zahl der Nährwurzeläste als auch jene der dem Parasiten eigenen Stränge zu. *x* bedeutet wiederum Verbindungen von Knollenbündeln mit Nährwurzelästen; reichlicher sind solche in dem durch Fig. 8 wiedergegebenen Schnitte vorhanden. Hier bildet das Knollengewebe einen ringförmigen Wulst um die bereits abgehobene Infloreszenzachse, deren Bündel als die direkte Fortsetzung der zentralen Knollenbündel erscheinen.

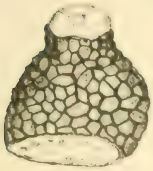


Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

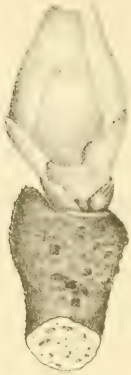
Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abth. I. 1908.



Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abth. I. 1908.

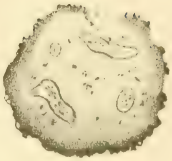


1.

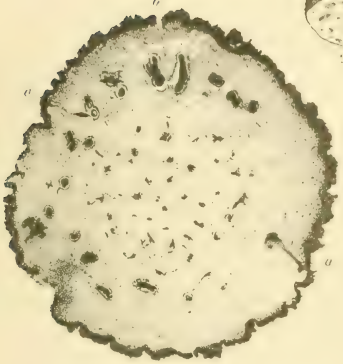


2.

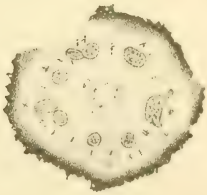
3.



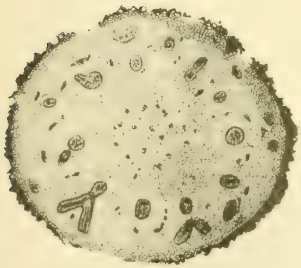
4.



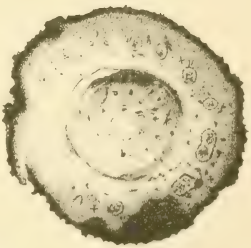
5.



7.



6.



8.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Der Einbruch von Salzburg und die Ausdehnung des interglazialen Salzburger Sees

von

Rudolf Hoernes,

k. M. k. Akad.

(Mit 1 Textfigur.)

(**Vorgelegt in der Sitzung am 19. November 1908.**)

In seinem Werke »Das Antlitz der Erde« erörtert E. Suess das Fehlen der Flyschzone bei Salzburg als ein Beispiel eines Einbruches im gefalteten Gebirge, vergleichbar der Senkung von Wien und dem Einbruch von Laibach. Den Salzburger Einbruch schildert Suess mit folgenden Worten: »Ein leicht kennbarer Streifen von eocänem petrefaktenreichen Grünsand und Eisenoolith, begleitet von zuweilen riffartig hervortretendem, gleichfalls eocänem Lithothamnienkalk, streicht an dem äußersten Saume des Gebirges von Bayern her gegen Ostnordost, bricht ab und taucht mit gleichem Streichen jenseits der Salzach bei St. Pankraz, am Wartberg bei Mattsee und an anderen Stellen wieder hervor. Innerhalb dieses äußersten Saumes und größtenteils mit demselben ist die Flyschzone ihrer vollen Breite nach gegen Ost bis an die Salzach und gegen Süd bis an die Kalkwände des Untersberges zur Tiefe hinabgesunken. Es fehlt daher dieser Gegend das waldige Vorgebirge, welches sonst das landschaftliche Mittelglied zwischen dem grünen Flachlande und den schroffen Abstürzen des Hochgebirges bildet; aber gerade der hierdurch hervortretende ungewohnte Gegensatz bedingt die unvergleichliche Lage der Stadt und den gewaltigen Eindruck, welchen die Höhen des Stauffen und des Untersberges hervorbringen.«[1] Und bezüglich der Senkung von

[1] E. Suess, Antlitz der Erde, I, 1885, p. 176.

Wien bemerkt Suess, daß sie fast ebenso weit nach außen stehe wie jene von Salzburg, aber außer dem Flysch die gesamte Breite der Kalkzone umfasse.

E. Brückner ist aus geographischen Gründen der Suess'schen Erklärung der eigenartigen, vielgepriesenen Schönheit der Lage Salzburgs entgegen getreten. Er sagt in seiner 1886 veröffentlichten Abhandlung »Die Vergletscherung des Salzachgebietes«: »Becken, welche dem Salzburger Becken genau entsprechen, liegen an den Mündungen fast aller großen Alpentäler, so vor allem das Rosenheimer Becken am Inn, um von den großen Becken des Bodensees und des Genfer Sees an den Mündungen des Rhein-, beziehungsweise Rhônetales ganz zu schweigen. Auch westlich des Rosenheimer Beckens setzt, wie bei Salzburg, die Flyschzone aus, um erst östlich vom Inn aufzutauchen, und ähnliche Unterbrechungen derselben existieren an den beckenartig erweiterten Mündungen des Isar- und des Lechtales. Aus allen diesen Tälern legten sich große Gletscher auf das Vorland und darin spricht sich eine enge Beziehung zwischen den Becken und den Gletschern aus.«[1] Nach Erörterung der Wirksamkeit der Eiserosion, die er ebenso wie Penck viel zu hoch einschätzt, erklärt Brückner das Salzburger Becken einfach als das Ende des vom Gletscher vertieften Tales. Lage und Form des Beckens gäben eine schöne Bestätigung seines glazialen Ursprunges. Er meint ferner:[2] »Man könnte als Einwand gegen diese unsere Erklärungen entgegenhalten, daß die Zentraldepressionen des Isar- und des Loisachgletschers, der Würmsee und der Ammersee, weit draußen im Alpenvorland liegen. Allein nichtsdestoweniger liegen sie dort, wo die Gletschermassen sich auszudehnen und zu verflachen begannen, da weiter talaufwärts ihre Nachbarn eine freie Entfaltung unmöglich machten.«

Wie wir aber sehen werden, lassen sich zugunsten der Annahme eines Einbruches unter dem seinerzeit vom alten Salzachgletscher ausgestalteten Salzburger Becken noch ungleich gewichtigere Gründe geltend machen. Sie sind teilweise

[1] E. Brückner, Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geographische Abhandlungen, herausgegeben von Prof. Dr. A. Penck, I, 1, p. 118.

[2] A. o. a. O., p. 121.

schon durch E. Fugger und F. Wähner vorgebracht worden, gegen deren Darstellungen A. Penck in dem Werke »Die Alpen im Eiszeitalter« eine eingehende Polemik für nötig hält, um Brückner's Auffassung zu verteidigen. Er führt diese Verteidigung bei Erörterung des alten Salzachgletschers in einem eigenen Abschnitt, welcher den Titel führt: »Über den angeblichen tektonischen Ursprung des Salzburger Beckens«.[1] Gegen die Ansicht von Suess, »daß die Flyschzone ihrer vollen Breite nach gegen Ost bis an die Salzach und gegen Süd bis an die Kalkwände des Untersberges hinabgesunken ist«, bemerkt Penck: »Soll diese Argumentation, der sich Fugger angeschlossen hat,[2] nicht das Becken durch die Annahme von Verwerfungen, diese aber lediglich durch das Becken erweisen, so müssen letztere noch durch anderweitige Gründe gestützt werden. Suess selbst deutet solche an. Er erwähnt, daß die Flyschzone rechts der Salzach weiter gegen Norden gerückt ist als links vom Flusse und führt dies auf Verschiebungen im Sinne von Blattflächen zurück. Bei der großen Breite des Beckens können wir aber auch das Hinaustreten der Flyschzone auf der linken Talseite durch Annahme unbedeutender Unregelmäßigkeiten im Streichen der an der Beckensohle liegenden Schichten erklären, wie sie allenthalben in den Kalkalpen und in der Flyschzone vorkommen, müssen also nicht zur Annahme eines Blattes greifen.‹ Wirft man aber einen Blick auf die von A. Bittner und E. Fugger bearbeiteten Blätter 9 und 18 (Südwestgruppe) der geologischen Spezialkarte Österreichs, so erkennt man schon aus dem geologischen Kartenbild das Vorhandensein gewaltiger Südsüdost—Nordnordwest gerichteter, dem Laufe der Salzach von Golling bis Laufen entsprechender Querstörungen, auf die wir unten noch eingehender zurückkommen werden.

Penck wendet sich dann gegen F. Wähner,[3] welcher in seinen geologischen Bildern von der Salzach 1894 für die

---

[1] Die Alpen im Eiszeitalter, 2 (1902), p. 164 bis 165.

[2] E. Fugger, Das Salzburger Vorland, p. 412.

[3] F. Wähner, Geologische Bilder von der Salzach, zur physischen Geschichte eines Alpenflusses. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, XXXIV. Jahrg. (1894), p. 504 und 528.

Annahme eines Einbruches in der Gegend von Salzburg eingetreten ist und mit Recht betont hat, daß nicht nur die Flyschzone, sondern auch ein großer Teil der Kalkzone von diesem Einbruch betroffen wurde. Wähner sagt: »Die Niederung von Salzburg muß als ein Senkungsfeld aufgefaßt werden. Große Schollen des Gebirges, das einst über den großen Raum verbreitet war, den heute die Niederung einnimmt, sind hier zur Tiefe gesunken und jetzt von den jüngeren Bildungen bedeckt, welche die Einsenkung erfüllen. Nur einzelne Teile sind stehen geblieben oder vielmehr nicht so tief wie die übrigen Schollen gesunken und ragen nun als Felshügel aus den jungen Anschwemmungen der Ebene heraus.« Mit Recht macht Wähner den Festungsberg zur Linken und den Imberg (Kapuzinerberg) zur Rechten der Salzach als Beispiele solcher inselartiger Überreste namhaft, mit Unrecht aber betrachtet er die Konglomeratmassen, aus welchen der Mönchsberg und Rainberg bei Salzburg und der Hellbrunner Hügel bestehen, als älteste fluviatile Ablagerungen der Niederungen, setzt ihr Alter an die Grenze von Kreide- und Tertiärzeit und sagt von diesen Vorkommnissen: »Die erwähnten Hügel sind wie die anderen Inselberge ringsum von senkrechten oder doch sehr steilen Wänden begrenzt und vielfach von Bruchflächen (offenen Spalten, kleinen Verwerfungen) durchsetzt. Die Konglomeratmassen, welche früher die Fortsetzung jener Hügel gebildet haben, sind ebenso zur Tiefe gesunken wie die älteren Gesteine. Die ‚Mönchsbergkonglomerate', wie wir diese alten verfestigten Schotter nennen können, bilden mächtige Bänke, welche niemals horizontal liegen, sondern stets ziemlich stark geneigt sind. Sie fallen am Mönchsberg, am Rainberg, am Hellbrunner Hügel stets gegen Westen, ganz wie die Triasgesteine des Mönchs- und Imberges, eine Lagerung, welche mit jener des östlichen Randgebirges der Niederung übereinstimmt.« Hierzu wäre lediglich zu bemerken, daß seither das quartäre Alter des Mönchsbergkonglomerates und seine Natur als Deltabildung, welche beide schon von früheren Autoren erkannt worden waren, durch Brückner und Penck sicher nachgewiesen wurden. Den genauen Nachweis hierfür sowie die Übersicht der teilweise schon von Brückner angeführten älteren Literatur möge man in Penck's

Erörterung des alten Salzachgletschers nachsehen.[1] Dort wendet sich Penck auch gegen Wähner's Annahme, daß die geneigte Stellung der Konglomeratschichten auf tektonische Ursachen zurückzuführen sei. Bei der Erörterung des »angeblich« tektonischen Ursprunges des Salzburger Beckens bemerkt dann Penck, ohne auf die weiteren Argumente Wähner's, insbesondere auf das von ihm angeführte treppenartige Absitzen von Gebirgsstufen auf der Ostseite des Salzburger Einbruches, auf welches wir noch zurückzukommen haben, einzugehen, daß Wähner seine Annahme des Einbruches durch den Hinweis auf die Steilheit der Wände der Felsaufragungen stütze, und sagt: »Letzteres können wir nur von den künstlich behauenen Wänden der Salzburger Nagelfluh bestätigen, sonst sind die Flanken unserer Hügel nicht außergewöhnlich steil.«[2] Dies gilt aber doch nicht von der Südseite des aus obertriadischen Schichten bestehenden Kapuzinerberges, die einen ziemlich schroffen Abfall aufweist. Penck wendet sich dann gegen Wähner's Behauptung eines hohen Alters des Salzburger Beckens, die in der Tat für das Vorhandensein eines Einbruches weniger beweisend ist, und schließt seine Ausführungen gegen die tektonische Natur des Beckens mit folgenden Worten: »Alle Schichtstörungen der Gegend um Salzburg sind älter als die große Ausgestaltung des dortigen Talsystems; sie dürften bald nach der Miocänepoche zur Ruhe gelangt sein, deren Schichten am Alpenrande nur ganz unbedeutende Störungen aufweisen. Das Salzburger Becken aber ist eingeschnitten in das präglaziale Talsystem, es ist daher viel jünger und kann mit der Aufrichtung des Gebirges nicht in Beziehung gebracht werden. Gleich den anderen Becken an den trichterförmigen Talmündungen im Gebiete eiszeitlicher Gletscher gelegen, ist es in seiner Entstehung zeitlich und räumlich auf die Eiszeit beschränkt; wir können es mit Brückner nur auffassen als das Ende eines vom Gletscher vertieften Tales.«

Hiergegen ist vor allem einzuwenden, daß die von Wähner behauptete Fortsetzung des Salzburger Einbruches in die

[1] Alpen im Eiszeitalter, p. 161 bis 163.

[2] Ebendaselbst, p. 165.

Kalkzone sich leicht und unzweifelhaft feststellen läßt, wenn man eben nicht von vornherein durch die Annahme eines durch Glazialerosion übertieften Tales blind gemacht wird für die Untersuchung der tektonischen Verhältnisse, die bei der Beurteilung der morphologischen Tatsachen doch neben den Oberflächenformen auch berücksichtigt werden sollten.

Die Gefällsbrüche zahlreicher Zuflüsse der Salzach scheinen allerdings sehr für die Übertiefung des Salzachtales durch Glazialerosion zu sprechen. Penck verweist[1] diesbezüglich auf den Weitenaubach, den Tauglbach, den Oberalmbach, den Weißenbach. Es hätte ihn jedoch das Vorhandensein zweier Ausnahmen, die sich mit seinen Ansichten nicht gut vereinen lassen, vorsichtig machen sollen. Penck sagt über dieselben: »Lediglich die obersten Seitentäler, links das Blüntautal, rechts das des Lammerbaches, münden gleichsohlig, aber nach kurzer Entfernung haben beide stattliche Stufen.« Die »kurze Entfernung« beträgt nun bei dem von dem unbedeutenden, nur zeitweilig anschwellenden Torrenerbach durchflossenen Blüntautal über 5, bei dem Tale des Lammerflusses aber über 7 *km*, dazu hat auch der letztere Fluß von seiner Mündung in die Salzach bei Golling bis zu der in den »Lammeröfen« durchsägten Talstufe sich ein wohlausgebildetes Tal mit breitem Boden geschaffen, das nur durch die von dem starken Flusse mitgebrachten massenhaften Geschiebe und die dadurch verursachten Unregelmäßigkeiten den Charakter einer unfertigen Talstrecke erhält. Die morphologischen Verhältnisse des ebenfalls einen breiten Talboden aufweisenden Blüntautales sprechen ebenso wie jene des Lammertales entschieden gegen eine jugendliche Ausbildung seit der Vereisung. Wichtiger sind natürlich die Argumente, welche sich aus dem geologischen Baue der Umgebung des Salzachtales gegen die Ansicht von Brückner und Penck ableiten lassen. Von Hallein bis Golling hat das Salzachtal den Charakter einer Grabensenkung, die von Staffelbrüchen begleitet wird. Auf dem Blatt 18 der Südwestgruppe der österreichischen geologischen Spezialkarte sieht man deutlich, wie bei Hallein und Adnet der geologische Bau

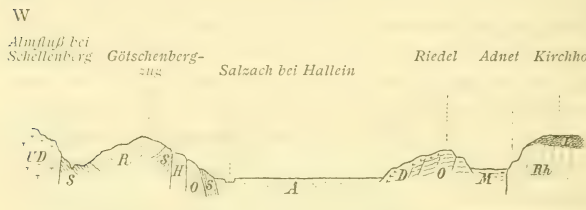
[1] Alpen im Eiszeitalter, p. 159 und 160.

von Längsstörungen beherrscht wird, welche genau mit der Richtung des Tales übereinstimmen. Auf der westlichen Seite des Salzachtales herrschen sehr verwickelte Verhältnisse, welche A. Bittner in seinem Aufnahmsbericht vom Jahre 1882 schildert. So bemerkt er:[1] »Was die Verbreitung des Salzgebietes anbelangt, so wäre als besonders merkwürdig das zungenförmige Ausspitzen desselben in nördlicher Richtung zwischen dem jurassischen Barmstein-Gutratsberger Zuge im Osten und der Kreide des Götschenzuges im Westen zu verzeichnen.« Ferner sagt er von dem Kreidegebiet des Götschenzuges: »Daß gegen das Gebiet des Untersberges eine Bruchlinie durchlaufe, wird längst angenommen. Es dürften aber auch die südwestliche Grenze längs des Tiefenbaches und die östliche Grenze gegen die Salzgebirgszunge von Gutratsberg keine normalen Anlagerungsgrenzen gegenüber dem anstoßenden Salzgebirge sein, denn es finden sich äußerst gestörte Schichtstellungen der Kreide längs dieser beiden, überdies nahezu geradlinigen Grenzregionen.« Da ich die tektonischen Verhältnisse der Gegend von Hallein aus eigener Anschauung nicht näher kenne, muß ich mich bezüglich des Westflügels des nachstehenden Profils über den Salzachgraben in der Gegend von Hallein und Adnet auf Bittner's Karte und seine Ausführungen im Aufnahmsbericht stützen. Ob freilich die von mir angenommenen Lagerungsverhältnisse richtig sind, wäre est durch speziell auf die tektonische Natur der angenommenen Staffelbrüche gerichtete Untersuchungen zu erweisen.

Ungleich besser steht es mit der Ostseite des Salzachtals in der Gegend unseres Profils. F. Wähner sagt in seinen geologischen Bildern von der Salzach, daß in dem zwischen dem Wolfgangsee und dem Salzachtal gelegenen Gebirge die Trias- und Juragesteine der Osterhorngruppe durch eine für alpine Verhältnisse sehr flache Lagerung ausgezeichnet seien. In der Nähe der Salzach aber mache sich allgemein ein schwächeres oder stärker geneigtes Einfallen gegen Westen, gegen das Senkungsfeld geltend, und einzelne Gebirgsstücke

[1] Verhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt, Wien 1882, Nr. 13, p. 240.

seien längs nordsüdlichen Verwerfungen, also parallel zum Gebirgsrand, abgesunken, wobei die im Westen des Bruches gelegene Scholle tiefer liege als im Osten: »Das Gebirge bricht somit am Rande gegen die Niederung nicht auf einmal, sondern stufenweise (‚treppenförmig') zur Tiefe.« Und in den Anmerkungen zu seinem Vortrag bemerkt Wähner: »Derartige Verwerfungen lassen sich z. B. nachweisen östlich von Hallein, wo das zwischen dem Salzachtal und dem alten Seebecken von Adnet gelegene, aus Oberalmschichten bestehende Gebirgsstück gegenüber den bei Adnet in höherem Niveau liegenden



Profil durch den Salzachgraben nördlich von Hallein.

Trias
- H — Haselgebirge.
- rD — Unterer Dolomit.
- RH — Rhätischer Korallenkalk

Jura
- L — Lias.
- O — Oberalmschichten.

Kreide
- S — Schrambachschichten.
- R — Roßfeldschichten

- D — Diluvialkonglomerat.
- M — Moor von Adnet.
- A — Alluvionen der Salzach.

rhätischen und Juragesteinen gesunken ist, und weiter nördlich, wo im Westen des Liasvorkommens von St. Jakob die Hornsteine des mittleren Jura in tieferer Lage auftreten.«[1]

Auch an anderer Stelle — im Führer für geologische Exkursionen des Geologenkongresses 1903 — kommt Wähner darauf zurück, daß die rhätischen und Liasschichten des Kirchholzes und Guggenberges durch einen abgesunkenen Streifen von oberjurassischen Oberalmschichten vom Salzachtal getrennt sind. Ich kann seine Darstellung aus eigener

[1] F. Wähner, Geologische Bilder von der Salzach. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, XXXIV. Jahrg. (1894), p. 50, und Anmerkung 31 auf p. 69 des S. A.

Anschauung vollkommen bestätigen. Geht man vom Salzachtal über den niederen, als »Riedel« bezeichneten Höhenzug gegen Adnet, so verquert man zuerst die stark von quartären Bildungen, einem der Mönchsberger Nagelfluh höchst ähnlichen Konglomerat, bedeckten Oberalmschichten und gelangt dann zu dem Moorboden, der südwestlich von Adnet die rhätischen und liasischen Bildungen der östlichen Scholle von den abgesunkenen Oberalmschichten der westlichen trennt. Die Oberalmschichten des Riedels sind durch die neue, dem Durchbruch des Almbaches folgende Straße vortrefflich aufgeschlossen. Man sieht nächst den Tunnels, welche zur Anlage der Straße notwendig waren und in den Tunnels selbst mehrfache untergeordnete Verwerfungen, welche wohl mit der Abwärtsbewegung der ganzen gesenkten oberjurassischen Scholle zusammenhängen.

Das Vorhandensein tief reichender Dislokationen in der Begrenzung des bis in die Gegend von Golling eingreifenden Salzburger Einbruches glaube ich auch in dem Auftreten der Schwefelquelle von Golling bestätigt zu finden. Als zweifelhaft möchte ich es hingegen betrachten, ob die Vorkommen von gediegen Schwefel in der Gegend von Hallein und Golling auch auf aus größerer Tiefe aufsteigende Schwefelquellen zurückzuführen sind. Gediegen Schwefel wurde seinerzeit im Salzberg von Hallein (Dürrenberg) angetroffen und in der Nähe von Golling kommt Schwefel in körnigem Gips bei Mooseck vor. Das Mineralogisch-geologische Museum im Mirabellschloß zu Salzburg weist schöne Stufen dieser Vorkommnisse auf. In beiden Fällen handelt es sich um ein Vorkommen in Lagerstätten, die an Sulfaten reich sind, und man dürfte deshalb geneigt sein, hier eher einer Zersetzung derselben durch organische Substanzen die Schwefelbildung zuzuschreiben. Jedenfalls bleibt es fraglich, ob eine Parallele mit den auf Solfatarentätigkeit zurückgeführten Vorkommnissen von gediegen Schwefel im Leithakalk der Ostseite der Wiener Senkung zulässig ist. Die Gollinger Schwefelquelle aber möchte ich ebenso für eine Emanation aus der Tiefe halten, wie E. Suess die Schwefeltherme von Baden bei Wien für eine Solfatare erklärte. Suess hat allerdings auch die Badener Therme früher

einer Zersetzung der im Werfener Schiefer auftretenden Gipse zuschreiben wollen,[1] während er später in einem Briefe an Felix Karrer sie als Solfatare bezeichnete.[2]

Der Vollständigkeit halber habe ich noch zu erwähnen, daß auch C. Diener für das Vorhandensein des zuerst von E. Suess geltend gemachten Einbruches von Salzburg eingetreten ist. Er sagt:[3] »Es ist nicht nur die Flyschzone, sondern auch ein Teil der Kalkzone von der Einsenkung betroffen worden. Die Niederung von Salzburg liegt daher nicht am Alpenrande, sondern in den Alpen selbst auf einem versunkenen Stück der Flyschzone und der angrenzenden Kalkzone.« Und an anderer Stelle[4] bemerkt Diener: »Die Einwendungen, die Brückner (Die Vergletscherung des Salzachgebietes, Penck's Geogr. Abhandl., I, 1886, p. 118) aus geographischen Gründen gegen den tektonischen Charakter der Niederung von Salzburg erhoben hat, sind durch Wähner (Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Wien 1894, p. 459 bis 530) und E. Fugger widerlegt worden.« Später betont Diener nachdrücklich den Gegensatz zwischen den »kompliziert gebauten Schollen des Roßfeldes, des Halleiner Salzgebirges und des Götschenzuges im Westen der Salzach« gegenüber dem »für nordalpine Verhältnisse ungewöhnlich ruhig gelagerten Gebirge« im Osten: »Die beiden Seiten der Salzach entsprechen daher einander auf dieser Strecke, die man vom topographischen Standpunkt als ein normales Tal ansehen würde, in keiner Weise.«[5]

A. Bittner hat in seinem bereits oben hinsichtlich der angenommenen, dem Salzachtal parallelen Verwerfungen in der Gegend von Hallein angeführten Aufnahmsbericht eingehend der merkwürdigen Lagerungsverhältnisse im Gebiet

[1] Bericht der Wasserversorgungskommission der Stadt Wien, 1864, p. 67 bis 69 und 108 bis 112.

[2] Geologie der Kaiser Franz Joseph-Hochquellen-Wasserleitung. Abhandlungen der k. k. Geol. Reichsanstalt, IX (1877), p. 207, 208.

[3] C. Diener, Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebietes, 1903, p. 340 (14).

[4] Bau und Bild der Ostalpen, p. 340 (14) in Note.

[5] A. a. O., p. 378 (52).

der Göllgruppe und des Roßfeldes gedacht. Namentlich machte ihm die Deutung von älteren Gesteinen auf den Höhen des Roßfeldkammes Schwierigkeiten. Eine solche Gesteinspartie, welche petrographisch den Hierlatzschichten und Dachsteinkalken ungemein ähnlich ist, aber im höchsten Gipfel des Roßfeldzuges den nahezu horizontal gelagerten Roßfeldschichten aufgesetzt ist, glaubt er in Anbetracht der großen Nähe, bedeutenden Überhöhung und der Schichtstellung der Göllwände als Reste eines Bergsturzes vom Göll erklären zu dürfen. Das zweite, nördliche Vorkommen von Werfener Schichten und Dolomit auf der Roßfeldalpe hingegen läßt nach Bittner nur zwei Erklärungen zu: entweder der Dolomit liegt einfach über den Roßfeldschichten oder er ist wie ein Eruptivgesteinsstock mitten durch das jüngere Gebirge, ohne dessen Lagerung wesentlich alteriert zu haben, emporgestoßen worden. »Man wird zugeben«, sagt Bittner,[1] »daß ein so beschränktes Vorkommen von Werfener Schiefer und Dolomit inmitten und über einer ausgedehnten, Tausende von Fußen mächtigen, anscheinend völlig konkordant und regelrecht gelagerten und in der Nähe des betreffenden Vorkommens kaum gestörten Decke von jurassischen und kretazischen Bildungen etwas Rätselhaftes an sich hat!«

Dieses »Rätsel« der Tektonik der Salzburger Alpen hat seither durch Anwendung der Deckentheorie seine Lösung gefunden. Émile Haug hat im zweiten Teile seiner Abhandlung über die Überschiebungsdecken in den nördlichen Kalkalpen[2] gerade die Salzburger Alpen zum Gegenstand einer sehr eingehenden Darstellung gemacht und gezeigt, daß die komplizierten Lagerungsverhältnisse, deren Erklärung Bittner so große Schwierigkeiten gemacht hat, zum größten Teile durch Annahme großer Überschiebungen ihre Lösung finden. Der Hauptsache nach möchte ich mich der Auffassung Haug's über die Tektonik der Salzburger Alpen vollkommen anschließen,

[1] Verhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt, 1882, Nr. 13, p. 238 und 239.

[2] Émile Haug, Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales. Bulletin de la société géologique de France, IV. Sér., T. VI (1906), p. 359. 2e Partie: Les Alpes de Salzbourg, p. 383.

so neu auch für den in älteren Anschauungen Befangenen z. B. die Deutung der gewaltigen Masse des Untersberges als einer wurzellosen Deckscholle sein mag. In Einzelheiten wird das von ihm entworfene Bild vielleicht der Berichtigung bedürfen; es wird sich zeigen, ob in der Tat so viele übereinander geschobene Decken vorhanden sind, als Haug annimmt. An der Hand der von Bittner und Fugger in mustergültiger Weise hergestellten geologischen Karte, welche allerdings nur die Verteilung der Formationen an der Terrainoberfläche, nicht aber die zahlreich vorhandenen Störungen angibt, wird es bei erneuter Begehung des Terrains dem mit der Deckentheorie Vertrauten leicht möglich sein, die von Haug angenommenen Überschiebungen genau zu überprüfen und festzustellen, inwieweit sie auf Tatsachen beruhen. Den Geologen der Wiener Reichsanstalt eröffnet sich hier ein dankbares Feld, auf welchem sie mit relativ großer Leichtigkeit und Sicherheit die Anwendbarkeit der Deckentheorie auf das Gebiet der nördlichen Kalkalpen erproben können. Ohne den Ergebnissen ihrer Untersuchungen vorgreifen zu wollen, möchte ich es wagen, nur in einem Punkte gegen die von Haug geäußerten Ansichten mich auszusprechen.

Haug leugnet die Existenz des Einbruches von Salzburg. Er sagt von der Salzburger Ebene:[1] »Cette grande dépression est interpretée par E. Suess comme une effondrement. C. Diener l'envisage également comme tel. Rien n'indique cependant l'existence de fractures transversales suivant lesquelles cet effondrement aurait eu lieu. Il s'agit probablement d'un simple abaissement d'axe de plis.« Haug's weitere Ausführungen zeigen, daß er sich um die bereits von Wähner nachgewiesenen Querbrüche, auf welchen ein treppenförmiges Absitzen von Gebirgsstreifen zum Salzachgraben stattfand, nicht gekümmert hat. Sein Literaturverzeichnis[2] übergeht auch die wiederholt angezogenen Darstellungen Wähner's, auf welche sich Diener an der von Haug angeführten Stelle in Bau und Bild beruft. Aber auch die Darstellung, welche Max Schlosser von den

[1] A. a. O., p. 418.
[2] A. a. O., p. 384 und 385.

tektonischen Verhältnissen der Gegend von Hallein gegeben hat,[1] lehrt, daß daselbst Verwerfungen eine größere Rolle spielen. Ich möchte diesbezüglich darauf hinweisen, daß Schlosser jene Bruchlinien, welche zum Salzachtal parallel laufen, als Längsbrüche bezeichnet, jene aber, welche diese ersteren unter einem rechten oder einem spitzen Winkel schneiden, Querbrüche nennt.[2] Von den Längsbrüchen bemerkt Schlosser, daß sie keineswegs die nämliche Richtung haben wie im benachbarten Berchtesgadener Lande; es zeige sich vielmehr, daß der Hauptlängsbruch dieses Gebietes, der das Tal der Ramsauer und Berchtesgadener Ache vorgezeichnet habe, sich an der Mündung der Laros in die Ache in mehrere Linien spalte, die sich dann wieder gabeln und im Halleiner Gebiet einen Teil der Querbrüche bilden, deren Zusammenhang mit der großen Ramsaubruchlinie nicht immer deutlich zu beobachten sei. Schlosser unterscheidet im Triasgebiet von Hallein vier Längsbrüche und mehrere Querbrüche. Die ersteren, welche dem Salzachgraben parallel laufen, sind für unsere Auffassung der Tektonik des Gebietes die ungleich wichtigeren, die letzteren, welche lediglich Querabgrenzungen der in vertikalem Sinne bewegten Schollen darstellen, die nebensächlichen.

Ich möchte die Darstellung, welche Bittner und Schlosser von den Brüchen an der westlichen, Wähner von jenen an der östlichen Seite des Salzachgrabens gegeben haben und welche Haug merkwürdigerweise vollkommen ignorierte, darin zusammenfassen, daß zu dem von letzterem nachgewiesenen Deckenbau unseres Gebietes noch ein von mehrfachen staffelförmigen Absinken der angrenzenden Gebirgszonen begleiteter Einbruch hinzutritt, der offenbar viel jüngeren Ursprungs ist als die Überschiebungen, welche den Bau des ganzen Gebirges beherrschen. Die Überschiebungen stellen zugleich, so gewaltig sie sind, lediglich Bewegungen in den oberflächlichen Teilen des Gebirges dar, während

[1] Max Schlosser, Das Triasgebiet von Hallein. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 50. Bd. (1898), p. 333.

[2] A. a. O., p. 380.

der Einbruch in viel tieferen Regionen der Erdrinde seine erste Veranlassung findet und durch die gesamten Decken hindurchreicht.

Mit den vorstehenden Ausführungen will ich keineswegs in Abrede stellen, daß die Ausgestaltung des Salzachtales in der als »Graben« bezeichneten Strecke von Golling bis zu den aus der Niederung emporragenden Höhen von Salzburg und die Bildung des Zungenbeckens innerhalb des von Brückner und Penck so genau studierten Moränengürtels des alten Salzachgletschers[1] der Glazialerosion zuzuschreiben ist. Aber dem alten Salzachgletscher war durch den Einbruch von Salzburg die Stätte seiner Wirksamkeit vorgezeichnet und wohl auch noch durch Flußerosion vorbereitet worden. Die Wirksamkeit der letzten großen Vereisung beschränkte sich wohl der Hauptsache nach auf die Ausräumung der Auffüllung des alten interglazialen Sees von Salzburg. Über diesen See, in welchem das »Mönchsberger Konglomerat« oder die »Salzburger Nagelfluh« als eine Deltabildung zustande kam, sagt Penck:[2] »Er reichte von Hellbrunn bis nördlich Laufen und an das Ostufer des Waginger Sees, hatte also eine Länge von 30 *km* und eine größte Breite von 10 *km*; seine größte Tiefe überschritt 80 *m*; denn wir finden die Nagelfluh noch auf der Höhe des Mönchsberges (503 *m*) mit ihrer schrägen Schichtung; es lag der Spiegel des Sees also noch höher; zugleich muß diese bei Salzburg unter 420 *m* Höhe herabgereicht haben. Es war ein See von der Länge des Zürichsees und der Breite des Genfer Sees, der sich hier erstreckte«. Ich vermag nicht einzusehen, warum Penck den See nur bis Hellbrunn reichen läßt. Ähnliche Konglomerate, wie sie am Mönchsberg und Rainberg in bezeichnender Zusammensetzung und schräger Lagerung zu beobachten sind, lassen sich ja mit vollkommen übereinstimmenden Eigenschaften noch viel weiter nach Süden zu beiden Seiten des Salzachtales verfolgen. Jene des »Riedel« zwischen Adnet und dem Salzachtal hat Brückner freilich auf seiner Übersichtskarte des vergletscherten Salzachgebietes als

[1] Alpen im Eiszeitalter, p. 150 bis 156.

[2] Alpen im Eiszeitalter, p. 163.

»Niederterrassenschotter« ausgeschieden, im Text aber sagt er:[1] »Nördlich des Salzburger Beckens gelang es uns unter den Moränen der inneren Zone eine ausgebreitete Decke des Niederterrassenschotters nachzuweisen. Im Salzburger Becken selbst findet sich auch nicht eine Spur dieses Schotters und es fragt sich, ob nicht vielleicht im Salzburger Becken und im Salzachtal des Gebirges Niederterrassenschotter überhaupt nicht abgelagert wurde«. Brückner hat[2] eine größere Anzahl von Vorkommnissen deltaartig geschichteter Nagelfluh in der weiteren Umgebung von Salzburg erörtert. Sie liegen, abgesehen von dem auf 557 *m* ansteigenden Hügel der Ruine Gruttenstein bei Reichenhall und dem Vorkommen vor Hellbrunn, in welchem das berühmte »Felsentheater« eingehauen ist, insgesamt nördlich der Salzburger Höhen des Mönchsberges und Rainberges. Weder Brückner noch Penck, welch' letzterer ausdrücklich hervorhebt, daß seine Schilderung des alten Salzachgletschers sich fast durchwegs auf eigene Beobachtungen stützt,[3] haben die diluvialen Ablagerungen südlich von Hellbrunn bis zum Austritt der Salzach aus dem Hochgebirge einer genaueren Untersuchung gewürdigt. Sie hätten sonst erkennen müssen, daß z. B. westlich von Golling am Fuße des kleinen Göll eine Diluvialterrasse sich hinzieht, auf der die Kirche St. Nikolaus (485 *m*) liegt. Die Bildungen dieser Terrasse sind in einem großen Steinbruch bei Torren, genau westlich von Golling, vortrefflich aufgeschlossen. Man sieht dort talauswärts fallende, schräg geschichtete Nagelfluhbänke (Deltabildung), welche von flachen, fast horizontal gelagerten, weniger fest verkitteten Sand- und Schotterschichten (fluviatile Ablagerungen) bedeckt werden. Ich zweifle nicht, daß die tieferen Schichten dieses Aufschlusses, welche in ihren Eigentümlichkeiten mit jenen der Salzburger Nagelfluh übereinstimmen, mit dieser das Alter und die Art der Ablagerung gemein haben. Als eine lokale Eigentümlichkeit wäre höchstens das besonders häufige Vorkommen von hohlen Geschieben zu erwähnen.

[1] E. Brückner, Vergletscherung des Salzachgebietes, p. 85.
[2] A. a. O., p. 84.
[3] Alpen im Eiszeitalter, p. 165.

Ein Blick auf das Blatt 18 der österreichischen geologischen Spezialkarte lehrt, daß ähnliche Konglomerate in noch etwas größerer Seehöhe auf der rechten Seite des Salzachtales bei Kuchl (St. Georg 525 *m*), dann weiter bei Vigaun auftreten, wo sie den langen Zug des mehrerwähnten, aus Oberalmschichten bestehenden Riedels zwischen Salzachtal und Adnet bedecken, also noch beträchtlich höher ansteigen. Vergegenwärtigen wir uns, daß Brückner die Deltakonglomerate des alten interglazialen Salzburger Sees auch auf dem Hügel der Ruine Gruttenstein bei Reichenhall in 557 *m* nachgewiesen hat, so kommen wir zur Feststellung einer sehr auffallenden Erscheinung. Im Steinbruch von Torren liegt die Grenze zwischen schräg geschichtetem Deltaschotter und horizontal gelagerter fluviatiler Anschwemmung, also annähernd auch der Spiegel des ehemaligen Sees in etwa 480 *m* dermaliger Meereshöhe. Im Mönchsberg aber reicht der Deltaschotter bis 503 *m* heutiger Seehöhe, ohne daß dort seine obere Grenze ersichtlich wäre, so daß — wie Penck mit Recht folgert — der Spiegel des interglazialen Sees noch höher gelegen sein muß. Von dem auf 557 *m* Höhe ansteigenden Hügel der Ruine Gruttenstein sieht Penck dabei ab, weil er »im kleinen Becken von Reichenhall gelegen ist«. Es geht aber doch nicht gut an, für die Umgebung von Reichenhall ein selbständiges, mit dem großen interglazialen See von Salzburg nicht zusammenhängendes Becken anzunehmen. Aber auch wenn wir das Vorkommen von Gruttenstein aus unserer Betrachtung ausschließen, ergibt sich mit Notwendigkeit aus der Höhenlage der oberen Grenze des Deltaschotters im Steinbruch von Torren und der diese Höhe überschreitenden, in welcher noch schräg geneigte Nagelfluhbänke auf der Höhe des Mönchsberges auftreten, die Tatsache, daß seit der Existenz des interglazialen Sees von Salzburg nicht unbedeutende Änderungen in der Höhenlage des einst von diesem See bedeckten Gebietes eingetreten sein müssen, und zwar entweder Hebungen im nördlichen oder Senkungen im südlichen Teil desselben.

Wir müssen also, gestützt auf die Verhältnisse, unter welchen die Deltabildungen des alten Salzburger Sees bei Golling aufgeschlossen sind, annehmen, daß

1. der interglaziale See von Salzburg über Hellbrunn noch rund zwanzig Kilometer weit nach Südsüdost in den schmalen grabenähnlichen Teil des Salzburger Einbruches in das Gebiet der Kalkalpen sich erstreckt hat;

2. seit der Bildung des Sees, welche von Penck in die Riß-Würm-Interglazialzeit verlegt wird, eine nicht unbedeutende Änderung in der relativen Höhenlage des Gebietes eingetreten ist, welche höchstwahrscheinlich nicht durch eine Hebung der äußeren Teile des Gebirges, sondern durch eine Senkung der inneren verursacht wurde.

Ein Beitrag zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Ägypten und dem ägyptischen Sudan

von

Siegfried Strakosch.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. November 1908.)

Eine landwirtschaftliche Studienreise führte mich in den Wintermonaten des Jahres 1908 durch Ägypten nach dem ägyptischen Sudan. Die Wichtigkeit, die dem Faktor Licht für die Lebensprozesse aller Pflanzen und demnach auch den landwirtschaftlich benützten Kulturpflanzen zukommt, ließ lichtklimatische Beobachtungen bei diesem Anlaß um so erwünschter erscheinen, als Afrika in diesem Sinne noch wenig erforscht ist. Über das Lichtklima von Kairo liegen Untersuchungen Wiesner's vor,[1] über das Lichtklima von Oberägypten und vom ägyptischen Sudan noch gar keine.

Jahrelange Übungen im Messen der chemischen Lichtintensität am pflanzenphysiologischen Institut der Wiener Universität, eigene Arbeiten über den Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung der Zuckerrübe in Hohenau hatten mich mit der Methode meines hochverehrten Lehrers Wiesner längst recht vertraut gemacht. Nun glaubte ich, zu lichtklimatischen Aufnahmen in den bereisten Gebieten um so mehr berufen zu sein, als es mir auch vergönnt gewesen war, Hofrat Prof.

---

[1] J. Wiesner, Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXIV.

Wiesner auf seiner Reise durch Nordamerika im Jahre 1904 begleiten und bei seinen lichtklimatischen Arbeiten assistieren zu dürfen.

Als Hauptaufgabe meiner Beobachtungen betrachtete ich die Herbeischaffung empirischen Materials zur Kenntnis der chemischen Lichtintensität und deren Tageskurven. Denn bezüglich dieser hat ja schon Pernter[1] dargelegt, daß sie sich ebensowenig als eine einfache Funktion der Sonnenhöhe darstellen lassen als die Kurven des täglichen Temperaturganges. »Wie bezüglich der Temperatur wird auch rücksichtlich der chemischen Intensität des Lichtes das Gesetz der Verteilung auf der Erde erst durch das Experiment gefunden werden können.«

Entsprechend dem gesteckten Ziele wurden die täglichen Beobachtungszeiten möglichst gleichmäßig eingehalten, die Messungen stündlich, gewöhnlich von 8^h früh bis 4^h nachmittags vorgenommen. Es schien mir von Wichtigkeit, die Beobachtungen an den verschiedenen Orten zeitlich einander so viel als möglich näherzurücken. Deshalb erfolgten die Beobachtungen von Khartum an bis Kairo auf der Rückreise, die tunlichst beschleunigt und nur zum Zwecke der Lichtmessungen an einigen Beobachtungsorten unterbrochen wurde.

Die angewandte photometrische Methode ist dieselbe, welche Bunsen und Roscoe in ihren »Meteorologischen Lichtmessungen«[2] beschrieben, jedoch in der Vereinfachung, die Wiesner für physiologische Zwecke ersonnen hat.[3] Beobachtungen nach dieser Methode sind nach den Feststellungen dieses Forschers mit einer Fehlermöglichkeit von ± 4 bis 5% behaftet, was für klimatologische Zwecke wohl als ausreichend anzusehen ist.

---

[1] Zeitschrift der österr. Gesellsch. für Meteorologie, Bd. XIV (1879), p. 409.

[2] Bunsen und Roscoe, Photometrische Untersuchungen. VI. Abhandlung. Meteorologische Lichtmessungen. Poggendorff's Annalen, Bd. 117 (1862), p. 529 ff.

[3] Wiesner, Photometrische Untersuchungen etc. Diese Sitzungsberichte, Bd. CII (1893), Abt. I, und Bd. CIV (1895), dann Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd LXIV.

Die in den folgenden Tabellen enthaltenen chemischen Intensitäten des gesamten Tageslichtes sind von folgenden Daten begleitet:

1. der Beobachtungszeit, wobei stets die mittlere Ortszeit zu verstehen ist;

2. dem Grade der Himmelsbedeckung (Bewölkung); dafür wurde die allgemein übliche Skala von 0 (wolkenlos) bis 10 (vollständig bedeckter Himmel) verwendet;

3. der Sichtbarkeit der Sonnenscheibe *(S)*, wie bei Wiesner durch die Zahlen von 0 (ganz unsichtbar) bis 4 (ganz wolkenfrei) ausgedrückt;

4. der Sonnenhöhe, in Graden und Minuten ausgedrückt.

Beobachtungen.

Khartum (Sudan).

$\lambda = 1^h\,5^m4$ E von Wien, Breite $\varphi = 15°\,37'$ N
(nach Ritter's Geogr. Lexikon).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
15. Februar 1908				
8^h a. m.	0	*S* 4	27° 13′	0·257
9	0	*S* 4	39 56	0·357
10	0	*S* 4	51 10	0·663
11	0	*S* 4	59 9	0·773
12	0	*S* 4	61 7	0·928
1	0	*S* 4	56 0	0·773
2	0	*S* 4	46 11	0·580
3	0	*S* 4	34 7	0·515
16. Februar 1908				
$8^h\,20^m$ a. m.	0	*S* 4	31° 44′	0·331
9	0	*S* 4	40 8	0·464
10	0	*S* 4	51 24	0·663
11	0	*S* 4	59 27	0·773
12	0	*S* 4	61 27	0·928
1	0	*S* 4	56 16	0·773
2	0	*S* 4	46 24	0·619
3	0	*S* 4	34 18	0·580
4	0	*S* 4	21 8	9·386

Assuan (Oberägypten).

$\lambda = 1^h\ 6^m$ E von Wien, Breite $\varphi = 24°\ 5'\ 23''$ N
(Gehler, Phys. Wörterbuch).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
		22. Februar 1908		
8^h a. m.	0	*S* 4	19° 0'	0·290
9	0	*S* 4	31 19	0·421
10	0	*S* 4	42 20	0·515
11	0	*S* 4	50 54	0·663
12	0	*S* 4	55 8	0·773
1	0	*S* 4	53 30	0·663
2	0	*S* 4	46 41	0·546
3	0	*S* 4	36 37	0·386
4	0	*S* 4	24 48	0·257
		23. Februar 1908		
$8^h\ 10^m$ a. m.	1 ganz zarte, weiße Wölkchen unterhalb der Sonnenscheibe	*S* 4	21° 26'	0·273
9	1	*S* 4	31 34	0·441
10	1	*S* 4	42 38	0·515
11	0	*S* 4	51 15	0·619
12	0	*S* 4	55 30	0·773
1	0	*S* 4	53 51	0·663
2	0	*S* 4	46 57	0·580
3	0	*S* 4	36 50	0·386

Luxor (Oberägypten).

$\lambda = 1^h\,5^m$ E von Wien, Breite $\varphi = 25°\,41'\,31''$ N
(Gehler, Phys. Wörterbuch).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
25. Februar 1908				
8^h a. m.	1 ganz feine, weiße Wölkchen	*S* 4	19° 4'	0·290
9	ebenso	*S* 4	31 15	0·464
10	ebenso	*S* 4	42 7	0·515
11	0	*S* 4	50 31	0·711
12	0	*S* 4	54 39	0·773
1	0	*S* 4	53 1	0·663
2	0	*S* 4	46 17	0·580
3	0	*S* 4	36 20	0·421
26. Februar 1908				
8^h a. m.	0	*S* 4	19° 18'	0·290
9	0	*S* 4	31 31	0·441
10	0	*S* 4	42 25	0·515
11	0	*S* 4	50 52	0·663
12	0	*S* 4	55 1	0·773
1	0	*S* 4	53 21	0·619
2	0	*S* 4	46 33	0·580
3	0	*S* 4	36 34	0·421
4	0	*S* 4	24 49	0·244
27. Februar 1908				
8^h a. m.	0	*S* 4	19° 32'	0·290
9	0	*S* 4	31 47	0·464
10	0	*S* 4	42 44	0·546
11	0	*S* 4	51 14	0·711
12	0	*S* 4	55 24	0·773
1	0	*S* 4	53 42	0·663
2	0	*S* 4	46 50	0·580
3	0	*S* 4	36 46	0·441

Kairo (Unterägypten).

$\lambda = 0^h\,59^m\,31^s$ E von Wien, Breite $\varphi = 30°\,2'1$ N
(Gehler, Phys. Wörterbuch).

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
		29. Februar 1908		
8^h a. m.	0 keine Wolken, aber Dunst, der Himmel düster blau	*S* 4	18° 28'	0·232
9	ebenso	*S* 4	30 6	0·331
10	0	*S* 4	40 21	0·464
11	0	*S* 4	48 7	0·546
12	0	*S* 4	51 49	0·773
1	0	*S* 4	50 17	0·663
2	0	*S* 4	44 3	0·580
3	0	*S* 4	34 41	0·412
4	0	*S* 4	23 32	0·211
		1. März 1908		
8^h a. m.	0 keine Wolken, aber starker Dunst, Himmel düster blau	*S* 4	18° 43'	0·193
9	ebenso	*S* 4	30 24	0·232
10	1 weiße kleine Wölkchen	*S* 4	40 40	0·464
11	2 ebenso, etwas mehr	*S* 4	48 29	0·546
12	2	*S* 4	52 12	0·773
1	5 dunkle Wolken in großer Zahl	*S* 4	50 38	0·711
2	5	*S* 4	44 20	0·619
3	5	*S* 4	34 55	0·464
4	5	*S* 4	23 44	0·244

Stunde	Bewölkung	Sonne	Sonnenhöhe	Intensität
		2. März 1908		
8h a. m.	0 etwas dunstig	S 4	18° 59'	0·178
9	0	S 4	30 41	0·319
10	1 feine weiße Wölkchen, verstreut am ganzen Horizont	S 4	41 0	0·441
11	1 dasselbe	S 4	48 51	0·619
12	1 dasselbe	S 4	52 35	0·773
1	1 dasselbe	S 4	50 59	0·663
2	1 dasselbe	S 4	44 38	0·580
3	1 dasselbe	S 4	35 9	0·421
4	1 dasselbe	S 4	23 56	0·211
		3. März 1908		
8h a. m.	0	S 4	19° 15'	0·202
9	0	S 4	30 58	0·309
10	0	S 4	41 20	0·515
11	0	S 4	49 13	0·580
12	1 ganz wenig feine, weiße Wölkchen	S 4	52 58	0·773
1	0	S 4	51 20	0·663
2	0	S 4	44 55	0·580
3	0	S 4	35 23	0·421
4	0	S 4	24 7	0·215

Obwohl es mir fern liegt, aus den vorstehenden Beobachtungen allgemeine und weitgehende Schlüsse ziehen zu wollen, möge doch in diesem bescheidenen Beitrag zur Kenntnis des Lichtklimas von Ägypten und vom ägyptischen Sudan auf einige Tatsachen hingewiesen werden, die beachtenswert zu sein scheinen. Sie treten klarer hervor, als der geringen Anzahl der Beobachtungen entspräche, weil fast alle Messungen bei vollkommen unbedeckter Sonnenscheibe und bei nahezu wolkenlosem Himmel erfolgten. Das sind aber Umstände von großer Wichtigkeit. Bei klarem Himmel, bei unbedeckter Sonne verläuft, wie vielfach nachgewiesen wurde, die Intensitätskurve

des Lichtes im Verhältnis zur Sonnenhöhe so regelmäßig, daß man, wie Schwab[1] meint, versucht wäre, eine empirische Regel dafür aufzustellen. Deshalb geben solche Beobachtungen wohl noch lange keinen Überblick über den Verlauf des Lichtklimas, über alle die vorübergehenden Störungen im gewöhnlichen Gange der Intensitätskurve, welche durch wechselnde Bewölkung und andere Faktoren hervorgerufen werden, aber sie sind ein brauchbares Material, um die relative Lichtintensität verschiedener Orte bei unbedeckter Sonnenscheibe und unter Berücksichtigung der Sonnenhöhe zu vergleichen. Einen Beweis dafür und für die Genauigkeit der angewandten Methode kann man darin erblicken, daß Wiesner im Jahre 1894 bei gleicher Sonnenhöhe unter denselben Bedingungen in Kairo nahezu dieselben Lichtintensitäten gefunden hat, als meine Beobachtungen vier Jahre später ergaben. Die Trockenheit des afrikanischen Klimas ist der Exaktheit der Bestimmungen überdies besonders günstig.

Die Resultate meiner Aufnahmen lehren zunächst, daß die chemische Intensität des Lichtes in den Beobachtungsgebieten nicht im selben Verhältnis zur Sonnenhöhe steigt und fällt als in unseren Breiten. Schwab,[2] der die in Kremsmünster bei gleicher Sonnenhöhe gefundenen Werte der chemischen Lichtintensitäten ohne Rücksicht auf die Tages- oder Jahreszeiten, in denen die Messung stattfand, zu einem Mittel vereinigte, erhielt im Durchschnitt mehrerer Jahre:

Sonnenhöhe	Intensität bei vollem Sonnenschein
15°	0·156
20	0·210
25	0·230
30	0·372
35	0·490
40	0·615
45	0·750

[1] P. Franz Schwab, Über das photochem. Klima von Kremsmünster. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXXIV, p. 18.

[2] A. a. O., p. 18.

Sonnenhöhe	Intensität bei vollem Sonnenschein
50°	0·830
55	1·028
60	1·170
65	1·350

Dagegen zeigen meine Beobachtungen beispielsweise:

Sonnenhöhe	Intensität bei vollem Sonnenschein
Kairo, 29. Februar:	
18° 28′	0·232
30 6	0·331
40 21	0·464
48 7	0·546
51 49	0·773
50 17	0·663
44 3	0·580
34 41	0·412
Luxor, 25. Februar:	
19° 4′	0·290
31 15	0·464
42 7	0·515
50 31	0·711
54 39	0·773
53 1	0·663
46 17	0·580
36 20	0·420
Khartum, 16. Februar:	
28° 56′	0·331
38 21	0·464
51 54	0·663
63 58	0·773
71 18	0·928
68 25	0·773
57 57	0·619
44 56	0·580
31 1	0·386

Wie bei allen bisherigen lichtklimatischen Beobachtungen zeigt sich auch hier manche Unregelmäßigkeit in bezug auf das Verhältnis der chemischen Lichtintensität zur Sonnenhöhe, deren Ursachen man wohl in Zuständen der Atmosphäre zu suchen hat, die sich der Beobachtung entziehen. Aber man sieht dennoch deutlich, daß den gleichen Sonnenhöhen niedrigere Intensitätswerte entsprechen.

Dieses Ergebnis konnte nicht überraschen, weil auch Wiesner bei unbedeckt erscheinendem Himmel und bei gleicher Sonnenhöhe die Lichtintensitäten in Kairo kleiner als in Wien fand. Der genannte Forscher hielt es, ohne in Abrede zu stellen, daß dabei auch andere Momente im Spiele sein könnten, für möglich, daß dies zum Teil auf die dort geringe Regenhäufigkeit und Regenstärke zurückzuführen sei. Je öfter und je reichlicher der Regen niederfällt, desto mehr wird die Luft von festen in ihr suspendierten Teilen befreit und desto größer muß die Lichtintensität sein. Diese Erklärung wird jedem besonders glaubhaft erscheinen, der die enormen Staub- und Sandmengen kennen gelernt hat, mit welchen die angrenzenden Wüsten die ägyptische Atmosphäre erfüllen. Sie gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Beobachtung einer starken Mittagsdepression am 7. März 1894 zu Helouan und gleichzeitig im kleinen versteinerten Walde bei Kairo. Wiesner machte dabei die Wahrnehmung, daß zur Zeit der Depression der Himmel, obgleich völlig oder doch im Bereich der Sonne wolkenfrei und sonst auch klar erscheinend, ein düsteres Blau angenommen hatte. Solche Mittagsdepressionen konnte ich nicht wahrnehmen, hingegen am 1. und 2. Februar ähnliche Erscheinungen in den Morgenstunden.

Am 29. Februar	beobachtete ich um	8^h	Lichtintensität 0·232,
	»	9^h	» 0·331.
» 1. März	»	8^h	» 0·193,
	»	9^h	» 0·232.
» 2. »	»	8^h	» 0·178,
	»	9^h	» 0·319.

Die Depression am 1. März um 8 und 9^h und am 2. März um 8^h gingen ebenfalls bei anscheinend klarem Himmel, unbedeckter Sonne und düsterblauem Himmel vor sich. Dafür, daß solche Trübungen durch aufsteigende Staubteilchen hervorgerufen werden, scheint zu sprechen, daß auch Fr. Exner's Messungen des elektrischen Potentialgefälles[1] in Oberägypten ähnliche Erscheinungen nachgewiesen haben.

Nach der Theorie Lord Rayleigh's[2] wird das Himmelblau durch die kleinsten in der Atmosphäre suspendierten Teilchen erzeugt, welche das blaue Licht am kräftigsten zerstreuen und wieder reflektieren und so den Lichteindruck der Himmelsbläue erzeugen. Die große Zahl dieser Teilchen in der Atmosphäre zur Zeit der Depressionen in Ägypten könnte die beobachtete düstere Färbung des Himmels erklären. Für das vorübergehende der Depressionserscheinungen gibt es dabei naheliegende Erklärungsgründe genug. Die in der Luft suspendierten festen Teile als Ursache der geringen relativen Lichtintensitäten Ägyptens und des Sudans würden es auch erklären, daß Wiesner in Buitenzorg (auf Java, $\varphi = -6° 18'$) wesentlich höhere Werte, als in Afrika beobachtet wurden, erhalten hat, mitunter sogar höhere Werte als in Wien. Zu beachten ist dabei freilich, daß Buitenzorg auf der südlichen Hemisphäre, Ägypten und der Sudan auf der nördlichen Hemisphäre liegen und daß die beiden Halbkugeln schon wegen der Neigung der Erde zur Sonne eine andere Verteilung der Lichtintensität besitzen könnten. Die gesamten Resultate seiner Messungen lassen übrigens Wiesner auch in Buitenzorg zu dem Schlusse kommen: »Die bisher angenommene große, mit der Annäherung an den Äquator eintretende starke Steigerung der Lichtsumme trifft nicht zu, wenn die Wiener und Buitenzorger Daten verglichen werden.« Dabei fällt noch dieses auf: Die einzelnen höheren chemischen Lichtintensitäten Buitenzorgs bei gleicher Sonnenhöhe wie in Wien und namentlich in Kairo wurden nur bei geringen und mittleren Sonnenständen beobachtet, bei

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. CVIII, p. 371 (1899).

[2] Rayleigh (J. W. Strutt), On the light from the sky. Phil. Mag., IV, Bd. 41 (1871), p. 107 und 274.

sehr hohen Sonnenständen nicht. Und auch meine Beobachtungen zeigen, daß sich die Herabsetzung der Lichtintensität im Verhältnis zur Sonnenhöhe bei höheren Sonnenständen viel mehr äußert.

Auch das ließe sich in Ägypten und im Sudan zum Teil wieder durch in der Atmosphäre suspendierte Staubteile erklären. Bei höherem Stande der Sonne, wenn die aufsteigende Luftbewegung lebhafter wird, könnten diese eine Trübung der Luft hervorrufen. In Buitenzorg könnte wieder die bei höherem Sonnenstande eintretende teilweise Kondensation des Wasserdampfes zur Erklärung herbeigezogen werden. Aber die Vorgänge, durch welche die Durchsichtigkeit der Atmosphäre und folglich die Lichtintensität beeinflußt werden, sind zu mannigfaltiger Natur, als daß sich irgendwelche Erscheinung so leicht auf eine einzige Ursache zurückführen ließe. Nach Russel[1] sind solche Ursachen: Trockenheit der Luft in den unteren Schichten, geringe Wärmestrahlung des Bodens, stetige und homogene Luftströmungen bis zu großen Höhen, Gleichförmigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Land und See, wenig Staub. Die größte Durchsichtigkeit tritt oft dann ein, wenn der Wind von Süd oder von Südwest nach West und Nordwest geht, während die Luft kälter wird. Die Durchsichtigkeit steigt dabei, auch wenn kein Regen gefallen ist, von 40 bis 50 *km* auf 130 bis 160 *km*. Und Hann[2] weist auf die bisher nicht genügend gewürdigte große Rolle hin, welche die »optische« Trübung der Luft bei der Durchsichtigkeit spielt. Diese hat ihren Sitz in der reinen Luft selbst, meteorologische Vorgänge machen sie zu einem optisch nicht homogenen Medium. »Die Veranlassung zu einem derartigen Zustand der Luft, durch welchen sie optisch heterogen und gleichsam ein trübes Medium wird, kann eine mehrfache sein. Gewöhnlich wird dieser Zustand durch den täglichen Erwärmungsvorgang bedingt. An heiteren, ruhigen, sonnigen Tagen, wo sich der Boden stark erwärmen kann, besteht die ganze Luftmasse

---

[1] Zitiert in: Hann, Lehrbuch der Meteorologie, II. Auflage, Leipzig 1906, p. 16.

[2] A. a. O., p. 15.

zwischen dem Beobachter und einem entfernten Gegenstand aus einem Gemenge von unzähligen wärmeren und kälteren Luftsäulchen oder auch »Lufttröpfchen«, welche die Luft optisch heterogen machen. Dieser Zustand macht sich nachmittags bei ruhiger Luft am stärksten bemerklich und im Sommer viel mehr als im Winter. In den frühen Morgenstunden ist er am wenigsten vorhanden oder fehlt ganz, weil dann die aufsteigenden warmen Luftsäulchen oder Lufttröpfchen fehlen.«

Auch das zeigt eine weitere Möglichkeit, noch dazu eine, die mit einer Verminderung der Intensität gerade zur Zeit der höchsten Sonnenstände verbunden wäre. Weil aber so vielen Möglichkeiten nur wenig exakte Beobachtungen gegenüberstehen, läßt sich der Anteil eines jeden Faktors an dem Zustandekommen der Lichtintensität eines Ortes heute kaum genau begrenzen. Anhaltspunkte dafür erhält man vielleicht am ehesten, wenn man die Erscheinungen in Gebieten vergleicht, die unter gewissen ähnlichen Verhältnissen stehen und doch wieder in mancher Hinsicht andere Bedingungen besitzen. Ägypten und der Sudan liegen beispielsweise inmitten von Wüsten, welche die Atmosphäre reichlich mit festen Teilen erfüllen. Die geringe Regenmenge Kairos läßt es begreiflich erscheinen, daß die Luft von den suspendierten Teilen nicht ganz befreit und die Lichtintensität dadurch herabgesetzt wird. Das weitere Fallen der relativen Lichtintensität im Verhältnis zur Sonnenhöhe bis Luxor kann damit ebenfalls in Zusammenhang gebracht werden, weil es in Luxor gar nicht mehr regnet. Aber nun gibt es bei Assuan keine Abnahme der Regenhäufigkeit mehr und doch fällt die relative Lichtintensität noch weiter und sie zeigt keine Tendenz zum Steigen, sondern fällt noch mehr, wenn man sich dem Äquator nähert, obwohl die Regenhäufigkeit dort wieder zunimmt. Um den Verlauf der Intensitätskurve anschaulicher zu gestalten, lasse ich hier die Lichtsummen der Tagesbeobachtungen folgen. Sie wurden nach der einfachen Integrationsmethode ermittelt, die Roscoe angegeben und auch Wiesner und Schwab benützt haben. Man bestimmt die Fläche, welche durch die Intensitätskurve und durch die Abszissenachse gebildet wird. Vergleicht man diese Fläche mit einer Rechteckfläche, die, im gleichen Maße

konstruiert, von einer Grundlinie = 24 und der Höhe = der Intensität 1 gebildet ist, und setzt man diese Rechteckfläche = 1000, so drückt der resultierende Bruchteil von 1000 die Lichtsumme aus.

Die Lichtsumme wurde hier nur aus den Intensitätswerten von 10 bis 2^h berechnet. Das geschah deshalb, um den großen Einfluß zu paralysieren, den die Tageslänge auf die Lichtsumme ausübt. Denn die in der tropischen Zone nahezu konstante Tageslänge ist bedeutend kürzer als die Tageslänge unserer Sommermonate, deren Lichtsummen hier wegen der höheren Sonnenstände der tropischen Wintermonate in Vergleich zu ziehen sind. Es wäre auch richtiger gewesen, statt der mittäglichen Sonnenhöhe die mittlere Sonnenhöhe der Beobachtungszeit von 10 bis 2^h zum Vergleich heranzuziehen, da sich die Sonnenhöhe in unseren Breiten um die Mittagsstunde weniger ändert als an Orten näher beim Äquator. Da Schwab, mit dessen Messungen diese hier verglichen werden, jedoch die Mittagshöhen gewählt hat, mußte auch hier derselbe Vorgang eingehalten werden. Die Korrektur würde für die Beobachtungsorte zwischen Wien und Khartum übrigens nur 1 bis 2° ausmachen, daher die erhaltenen Resultate nicht wesentlich beeinflussen.

	Sonnenhöhe 12^h	Lichtsumme 12 bis 2^h	
Kairo.			
29. Februar 1908	51° 49′	104	$\varphi = 30°\ 2'\ 1''$ N
1. März »	52 12	107·1	
2. » »	52 35	106·8	
3. » »	52 58	106·8	
Luxor.			
25. Februar 1908	54° 39′	112·27	$\varphi = 25°\ 41'\ 31''$ N
26. » »	55 1	108·44	
27. » »	55 24	112·92	
Assuan.			
22. Februar 1908	55° 8′	109·56	$\varphi = 24°\ 5'\ 23''$ N
23. » »	55 30	108·44	
Khartum.			
15. Februar 1908	61° 7′	128·77	$\varphi = 15°\ 38'$ N
16.	61 27	129·79	

Dagegen erhielt Schwab in Kremsmünster (φ = 48° 3′ 23·1 N) bei Sonnenschein für die Zeit von 10 bis 2^h folgende Tagessummen im Mittel seiner Beobachtungen:

	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Lichtsummen:	35	50	82	130	170	207	206	176	129	71	39	30
Sonnenhöhe 12^h:	21°	29°	40°	51°	61°	65°	63°	56°	45°	33°	24°	19°

Der Vergleich der Kurve, welche die durchschnittlichen Lichtsummen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen mittäglichen Sonnenhöhe in Kremsmünster bilden, mit den Lichtsummen, die bei gleicher Sonnenhöhe für Kairo, Assuan und Khartum ermittelt wurden, zeigt darnach dieses Bild:

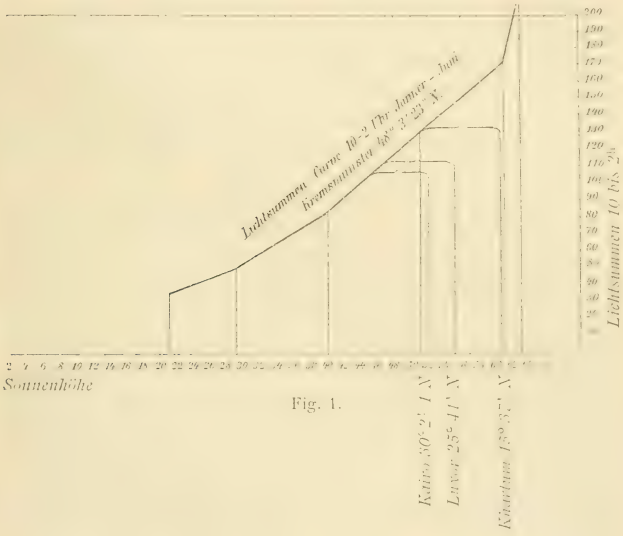


Fig. 1.

Man sieht, wie sich die relative chemische Lichtintensität im Verhältnis zur Sonnenhöhe bei unbedeckter Sonnenscheibe und bei ganz oder beinahe ganz wolkenlosem Himmel mit fast gesetzmäßiger Regelmäßigkeit entsprechend der Annäherung an den Äquator stetig verringert, mit anderen Worten ausgedrückt: der gleichen Sonnenhöhe

entsprechen immer geringere Intensitätswerte. Angesichts dieser Tatsache ist wohl die Meinung nicht unberechtigt, daß der Faktor »suspendierte feste Teile in der Luft« nicht allein ausschlaggebend für diesen Verlauf der Lichtintensität sein kann und daß die regelmäßige Abnahme der relativen Intensität auf der nördlichen Halbkugel gegen den Äquator zu auch durch die übrigen aufgezählten Faktoren nicht ganz erklärt wird. Die Ursache hierfür zu finden, möge Berufeneren überlassen bleiben. Wenn es gestattet ist, Vermutungen Ausdruck zu geben, so läge die am nächsten, daß man es hier mit einer Dämpfung des Lichtes durch die Verstärkung der Atmosphärenhülle der Erde um den Äquator zu tun haben könnte. Die Umdrehung der Erde, die zur Abplattung unseres Planeten geführt hat, macht es selbstverständlich, daß auch dessen gasförmige Hülle entsprechend den Schwerkraft- und Zentrifugalverhältnissen am Äquator eine weit größere Ausdehnung besitzen muß. Die Lufthülle muß an den Polen am geringsten sein und gegen den Äquator zu stetig zunehmen und im selben Maße die Intensität der Sonnenstrahlung herabsetzen.

Ich unternehme es, diese Vermutung zu äußern, die auch Hofrat Prof. Wiesner aus den vorgelegten Beobachtungen in gleicher Weise als ich schöpfte, weil eine theoretische Ermittlung, auf die Herr Hofrat Hann mich zu verweisen die Güte hatte, sich mit diesem Erklärungsversuch in Einklang bringen läßt. Es hat nämlich M. v. Smoluchowski aus Zentrifugalkraft und Fliehkraft den Äquatorialradius der Atmosphäre zu 42.000 *km*, den Polarradius zu 28.000 *km* berechnet.[1] Dieselbe Annahme könnte es nach den freundlichen Ausführungen, die ich Herrn Dr. Wilhelm Schmidt von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien verdanke, auch erklären, warum die Messungen in Buitenzorg, schon von anderen Ursachen abgesehen, höhere Werte ergeben mußten als die in Kairo und Khartum. Während des nördlichen Winters angestellt, hatte der Buitenzorg treffende Sonnenstrahl ungeachtet der geringeren geographischen Breite des Beobachtungsortes eine kleinere Atmosphärendicke zu durchmessen

[1] Physik. Zeitschrift, II. Jahrg., p. 307.

als der Sonnenstrahl, der zur gleichen Zeit Kairo oder Khartum trifft und gerade den Äquatorwulst der Atmosphäre durchschneidet. Die beifolgende schematische Zeichnung (B = Buitenzorg, K = Khartum, C = Kairo) wird das anschaulicher erklären. Es wurde dabei nur die der Erdoberfläche zunächst liegende dichtere Atmosphärenschichte dargestellt, da es auch bei der Absorption der chemischen Strahlen hauptsächlich auf jene ankommt. Als Beweis dafür kann die Beobachtung gelten, daß mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel die relative Intensität der chemischen Lichtstrahlen rasch zunimmt.[1]

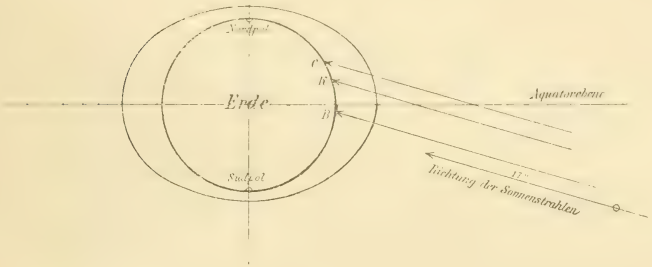


Fig. 2.

Es wäre um so interessanter, diese Frage durch Beschaffung weiteren empirischen Lichtmessungsmaterials zu klären, als die Beobachtung des Sonnenlichtes schon öfter zur Bestimmung der Höhe der Erdatmosphäre herangezogen wurde. Der erste Versuch, diese durch die Beobachtung des Verschwindens des direkten von der Atmosphäre reflektierten Sonnenlichtes unter dem Horizont nach Sonnenuntergang zu

[1] Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochem. Klimas des Yellowstonegebietes und einiger anderer Gegenden Nordamerikas. Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. LXXX (1906). Ferner E. Rübel, Untersuchungen über das photochem. Klima des Berninahospizes. Separatabdruck aus der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrg. 53 (1908).

ermitteln, soll bekanntlich schon im zwölften Jahrhundert durch den arabischen Astronomen Alhazen angestellt worden sein.

Am Schlusse dieser Mitteilung möchte ich dankend der Unterstützung gedenken, die mir durch Herrn Hofrat Weiß, Direktor der k. k. Universitätssternwarte in Wien, und meinen hochverehrten Lehrer, Hofrat Prof. Wiesner, zuteil wurde. Jener hatte die Güte, die umfänglichen Berechnungen der Sonnenhöhen durchführen zu lassen, dieser meine Arbeit durch seinen wertvollen Rat zu fördern.

Über ein salicinspaltendes und ein arbutinspaltendes Enzym

von

Dr. **Wilhelm Sigmund**,

k. k. Realschulprofessor, Privatdozent an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. Dezember 1908.)

I. Das salicinspaltende Enzym.

Über ein salicinspaltendes Enzym liegen bisher, soweit mir bekannt, keine Literaturangaben vor.[1] Es ist mir gelungen, in einigen *Salix*- und *Populus*-Arten ein salicinspaltendes Enzym nachzuweisen.

Als Versuchsobjekte dienten einige der bekanntesten einheimischen Vertreter der Salicaceen. Von *Salix*-Arten die Sahlweide, *Salix caprea*, die Silberweide, *Salix alba*, und die Bruchweide, *Salix fragilis*; von *Populus*-Arten die Silberpappel, *Populus alba*, die Pyramidenpappel, *Populus pyramidalis*, und die Zitterpappel, *Populus tremula*.

Die beblätterten Zweige der genannten Pflanzen wurden zumeist in frisch gepflücktem Zustande, zum Teil auch lufttrocken, möglichst zerkleinert; dies geschah je nach der Beschaffenheit der Objekte durch Zerschneiden, Mahlen, Zerstoßen und Verreiben. Die möglichst zerkleinerten Pflanzenteile ließ man in Form eines Breies, zumeist aber in Form des isolierten Enzyms, auf Salicin einwirken. Das Enzym wurde in der Weise gewonnen, daß die zerkleinerten Pflanzenteile 20 bis 40 Stunden mit Wasser unter Chloroformzusatz extrahiert wurden; der erhaltene Auszug wurde mit Alkohol gefällt,

[1] Vgl. auch F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, Bd. II, p. 590.

der Niederschlag rasch an der Saugpumpe filtriert, mit Alkohol gewaschen und bei 35° C. getrocknet; dieses das Enzym enthaltende Produkt wurde dann in wässeriger Lösung auf Salicin wirken gelassen. Die Einwirkungsdauer betrug meist 8 bis 14 Tage bei 35° C., doch konnte auch schon am zweiten bis dritten Tage die Spaltung nachgewiesen werden.

Um die Mitwirkung von Mikroorganismen auszuschließen, wurden Chloroform und Toluol, zumeist aber das erstere verwendet; die Antiseptika wurden während der Versuchsdauer erneuert. Die mikroskopische Untersuchung ergab auch die Abwesenheit von Bakterien. Daß hier tatsächlich nicht Bakterien im Spiele waren, konnte auch in der Weise festgestellt werden, daß die in dem Versuchsmedium ohne Chloroform sich entwickelnden Bakterien auf den sterilisierten Organbrei oder auf die sterilisierte Enzymlösung überimpft wurden und die letzteren dann unter sonst gleichen Versuchsbedingungen auf Salicin wirkten; eine Spaltung des Salicins konnte nicht nachgewiesen werden.

Die enzymatische Spaltung wurde dadurch sichergestellt, daß außer mit dem normalen Organbrei, beziehungsweise mit dem durch Alkohol isolierten Enzym Kontrollversuche unter ganz gleichen Bedingungen mit dem gekochten Organbrei, beziehungsweise Enzym ausgeführt wurden.

Um die Spaltungsprodukte zu untersuchen, wurde nach Ablauf der Versuchsdauer der Gesamtinhalt des Versuchsgefäßes (meist Kölbchens) auf dem Wasserbad erhitzt, heiß filtriert, das Filtrat ebenfalls auf dem Wasserbade verdampft und der Rückstand mit Äther behandelt, wodurch bei erfolgter Spaltung das eine Spaltungsprodukt, das Saligenin, in Lösung ging, während das andere Spaltungsprodukt, die Glukose, als auch das nicht gespaltene Salicin ungelöst blieben. Die Lösung in Äther wurde verdunsten gelassen und der Rückstand auf Saligenin geprüft. Zum Nachweise des Saligenins wurde die Blaufärbung mit Eisenchlorid, die Sublimierbarkeit bei 100° C. als auch die Bestimmung des Schmelzpunktes herangezogen.

Bei sämtlichen normal verlaufenden Versuchen blieb ein verhältnismäßig reichlicher Ätherrückstand zurück, der nicht nur direkt in Wasser gelöst, sondern auch als wässerige

Lösung des bei 100° C. erhaltenen Sublimats mit Eisenchlorid eine intensive Blaufärbung zeigte; bei den Parallelversuchen dagegen, in welchen die enzymhaltigen Substanzen vorher gekocht wurden, war der Ätherrückstand durchwegs ein bedeutend geringerer, oft nur in Spuren vorhanden, niemals aber trat in der wässerigen Lösung mit Eisenchlorid Blaufärbung ein.

Der in Äther unlösl[illegible]e Teil wurde auf Glukose geprüft, wobei die gebräuc[illegible]chen Reaktionen (nach Fehling, Nylander, die Phenylh[illegible]azinprobe u. a.) benützt wurden. Während bei den Versu[illegible]en mit dem normalen Enzym die Reaktionen auf Glukose rasch und intensiv auftraten, blieben sie bei den Kontrollversuchen entweder gänzlich aus oder traten erst nach längerer Zeit und minimal zutage. Nur bei den Versuchen mit dem Organbrei traten die Reaktionen in beiden Parallelversuchen auf, doch konnte auch hier nach der Geschwindigkeit und Intensität der Reaktionen die Beobachtung gemacht werden, daß unter sonst gleichen Versuchsbedingungen beim normalen Versuche die Reaktion eine raschere und stärkere war als bei dem Kontrollversuche mit dem gekochten Organbrei.

Versuche

1. Versuche mittels Autolyse.

Gleiche Mengen der zerkleinerten Organe von *Salix caprea* wurden mit gleich viel Wasser zu einem Brei angerührt; der eine Teil wurde eine halbe Stunde siedend erhalten (unter entsprechender Ersetzung des Wasserverlustes). Beide Teile wurden dann mit je 0·5 *g* Salicin vermischt, mit gleich viel Chloroform versetzt und der Autolyse unterworfen. Nach 10 Tagen wurde der Versuch abgebrochen und wie oben beschrieben behandelt.

Der Ätherrückstand bei der normalen Autolyse war wesentlich größer als in dem gekochten Organbrei. Ein Teil des Ätherrückstandes wurde in gleichen Mengen in gleich viel Wasser gelöst und mit gleich viel Eisenchlorid versetzt; bei dem Kontrollversuche war die Flüssigkeit schwach gelblich gefärbt,

beim normalen Versuche dagegen trat eine intensive Blaufärbung ein; dieselbe Reaktion zeigte auch das bei 100° C. erhaltene Sublimat.

Ein analog mit *Salix alba* ausgeführter Versuch ergab das nämliche Resultat.

Ebenso wurden je gleiche Mengen des Organbreies von *Populus alba* (normal und gekocht) unter Zusatz von je 0·5 *g* Salicin der Autolyse unterworfen. Nach 13 Tagen betrug der Ätherrückstand beim normalen Versuche 0·2181 *g*, beim Kontrollversuche 0·0275 *g*; auf Saligenin geprüft, ergab der erstere eine entschieden positive, der letztere dagegen eine rein negative Reaktion.

2. Versuche mit dem isolierten Enzym.

Je 0·2 *g* des aus *Salix caprea* isolierten Enzyms wurden in je 15 cm^3 Wasser gelöst; die eine Lösung wurde eine halbe Stunde gekocht; zu beiden Lösungen wurden sodann je 0·3 *g* Salicin hinzugefügt. Nach 14tägiger Versuchsdauer wurde auf die Spaltungsprodukte des Salicins geprüft: beim normalen Versuche mit positivem, beim Kontrollversuche mit negativem Erfolge.

Es wurden sodann die Blätter und die Rinde von *Salix caprea* gesondert auf ein salicinspaltendes Enzym untersucht. Zu diesem Behufe wurde der wässerige Extrakt der Blätter und Rinde gesondert mit Alkohol gefällt. Die erhaltenen enzymhaltigen Produkte wurden jedes für sich auf Salicin einwirken gelassen. In beiden Fällen konnte die erfolgte Spaltung des Salicins sichergestellt werden; das salicinspaltende Enzym findet sich daher sowohl in den Blättern als auch in der Rinde.

Daß selbst geringe Mengen des Enzyms eine Spaltung bewirkten, ergaben folgende Versuche:

Je 0·06 *g* der aus *Salix alba* isolierten enzymhaltigen Substanz wurden in 10 cm^3 Wasser gelöst; beide Lösungen, normal und gekocht, wirkten 10 Tage auf je 0·2 *g* Salicin. Nach Ablauf der Versuchsdauer untersucht, betrug der Ätherrückstand beim normalen Versuche 0·0154 *g*; beim Kontrollversuche blieb überhaupt kein Ätherrückstand zurück. Im Ätherrückstande des normalen Versuches wurde Saligenin

nachgewiesen. Der in Äther unlösliche Teil reagierte nur beim normalen Versuch auf Glukose.

Ein ähnliches Resultat ergab auch ein mit 0·06 *g* des aus *Populus pyramidalis* isolierten enzymhaltigen Körpers analog ausgeführter Versuch.

Je 10 *cm*³ einer 0·5prozentigen Lösung der aus *Populus alba* isolierten enzymhaltigen Substanz, normal und gekocht, wirkte auf je 0·12 *g* Salicin. Die nach 14 Tagen erfolgte Prüfung auf die Spaltungsprodukte ergab beim normalen Versuch einen Ätherrückstand im Betrage von 0·0066 *g*, beim Kontrollversuche von 0·0015 *g*; die gleich konzentrierten Lösungen der beiden Ätherrückstände in Wasser mit gleich viel Eisenchlorid versetzt, erschienen in der normalen Probe blau, in der Kontrollprobe hellgelb. Wurden gleiche Mengen des in Äther unlöslichen Teiles in gleich viel Wasser gelöst, mit gleich viel Fehling'scher Lösung versetzt und gleich stark erwärmt, so bildete sich in der normalen Probe in kurzer Zeit rotes Kuprooxyd, während die Kontrollprobe in derselben Zeit nicht die geringste Veränderung zeigte.

Durch Einwirkung von 0·04 *g* Enzym aus *Populus pyramidalis* auf 0·05 *g* Salicin wurde nach 12tägiger Versuchsdauer 0·0100 *g* Ätherrückstand in Form von weißen, glänzenden Blättchen erhalten, die selbst in geringer Menge in Wasser gelöst, mit Eisenchlorid eine Blaufärbung zeigten.

Je 0·2 *g* des aus *Populus tremula* isolierten Enzyms in je 10 *cm*³ Wasser gelöst, normal und gekocht, wirkten durch 12 Tage auf je 0·3 *g* Salicin. Nach Ablauf der Versuchsdauer wurde auf die Spaltungsprodukte geprüft. Der Ätherrückstand betrug beim normalen Versuche 0·0310 *g*, beim Kontrollversuche 0·0035 *g*; aus dem ersteren konnten 0·0116 *g* reines Saligenin erhalten werden, entsprechend 0·0267 *g* gespaltenen Salicins. Der Ätherrückstand beim Kontrollversuch enthielt kein Saligenin, seine wässerige Lösung gab mit Eisenchlorid keine Spur von Blaufärbung.

0·2 *g* des aus *Salix caprea* isolierten Enzyms lieferte in 4prozentiger Lösung nach 12tägiger Einwirkung auf 0·2 *g* Salicin 0·0140 *g* gereinigtes Saligenin, entsprechend 0·0322 *g* gespaltenen Salicins.

0·15 *g* Enzym, isoliert aus *Salix fragilis*, wirkte in 3prozentiger Lösung auf 0·15 *g* Salicin durch 12 Tage. Die positiven Reaktionen auf Glukose und auf Saligenin bewiesen die erfolgte Spaltung. Es wurden 0·0112 *g* Saligenin erhalten, entsprechend 0·0258 *g* gespaltenen Salicins.

0·4 *g* Enzym, isoliert aus *Salix alba*, in 12 cm^3 Wasser gelöst, wirkte durch 12 Tage auf 0·4 *g* Salicin; es wurden 0·0257 *g* Saligenin erhalten, entsprechend einer Spaltung von 0·0592 *g* Salicin.

Gegen die erhaltenen Versuchsergebnisse könnte eventuell der Einwand erhoben werden, daß es sich hierbei um die Wirkung eines schon bekannten Enzyms, und zwar des Emulsins handelt, indem einerseits Emulsin, beziehungsweise amygdalinspaltende Enzyme in vielen Pflanzen vorkommen, andrerseits, weil das Emulsin die Fähigkeit besitzt, Salicin in Traubenzucker und Saligenin zu spalten (Piria, 1845). Um diese Frage zu entscheiden, ließ ich das von mir isolierte salicinspaltende Enzym unter denselben Versuchsbedingungen, wie oben angegeben wurde, auf Amygdalin einwirken; als Kontrollversuch ließ ich Emulsin[1] in gleicher Menge und Konzentration auf gleich viel Amygdalin wirken. Während beim Versuche mit Emulsin bereits in 1 bis 2 Tagen der Geruch nach Blausäure auftrat und diese auch durch Überführung in Berlinerblau und in Sulfocyaneisen nachgewiesen werden konnte, wurde bei dem Versuche mit dem salicinspaltenden Enzym selbst nach der drei- bis vierfachen Versuchsdauer weder der Geruch nach Blausäure wahrgenommen, noch konnte dieselbe nach den genannten Methoden erkannt werden; es liegt mithin ein von Emulsin verschiedenes Enzym vor.

Die angeführten Versuche weisen sämtlich darauf hin, daß in den untersuchten Salicaceen ein salicinspaltendes Enzym vorkommt; ich schlage für dieses Enzym den Namen »Salikase«[2] vor.

Ob die Salikase nicht nur abbauend, sondern auch aufbauend zu wirken vermag, soll durch Versuche einer

[1] Von E. Merck, Darmstadt.

[2] Nicht zu verwechseln mit der »Salicylase«, welchen Namen Abelous einer tierischen Oxydase gab, die Salicylaldehyd zu Salicylsäure oxydiert.

enzymatischen Synthese des Salicins aus seinen Komponenten mittels Salikase untersucht werden.

II. Das arbutinspaltende Enzym.

Die ersten Angaben über eine auf Arbutin wirkende Substanz machte Kawalier in einer im Jahre 1852 erschienenen Abhandlung: »Untersuchung der Blätter von *Arctostaphylos uva ursi*«.[1] In dieser Arbeit findet sich folgende Bemerkung: »In den Blättern der Bärentraube ist eine Substanz enthalten, die, ähnlich dem Emulsin, die Fähigkeit besitzt, das Arbutin in Zucker und Arctuvin[2] zerfallen zu machen. Aus einer Mutterlauge, aus welcher Arbutin auskrystallisiert war, ließen sich, nach mehrere Wochen langem Stehen, Krystalle von Arctuvin erhalten, die früher in der Flüssigkeit nicht nachgewiesen werden konnten.«

Czapek vermutet ein auf Arbutin wirksames Enzym in den Ericaceen und verwandten Gruppen.[3] Ich konnte tatsächlich aus den von mir untersuchten Ericaceen ein arbutinspaltendes Enzym isolieren.

Von den Ericaceen standen mir nur die Heidelbeere, *Vaccinium Myrtillus*, und insbesondere das gemeine Heidekraut, *Calluna vulgaris*, in größerer Menge zur Verfügung; es konnten daher nur mit den genannten Pflanzen wiederholte und entscheidende Versuche ausgeführt werden.

Die Versuchsanordnung war im wesentlichen dieselbe wie bei den Versuchen mit dem salicinspaltenden Enzym (siehe oben). Auch hier ergaben die mikroskopische Untersuchung und die Impfversuche, daß die Mitwirkung von Bakterien bei der Spaltung des Arbutins ausgeschlossen war. Die Untersuchung der Spaltungsprodukte des Arbutins war zunächst eine ähnliche wie die bei der Salicinspaltung angegebene, da die Löslichkeitsverhältnisse analoge sind, indem das Arbutin

---

[1] A. Kawalier, Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien, math.-naturw. Kl., Bd. IX (1852), p. 290; Liebig's Ann. der Chemie u. Pharm., Bd. LXXXIV (1852), p. 56; Journal für prakt. Chemie, Bd. LVIII (1853), p. 193.

[2] Das »Arctuvin« wurde von Strecker als Hydrochinon erkannt.

[3] F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, Bd. II, p. 543.

und die Glukose in Äther unlöslich sind, während das Hydrochinon darin löslich ist.

Was speziell den Nachweis des für die Arbutinspaltung besonders charakteristischen Spaltungsproduktes, des Hydrochinons, betrifft, so wurde der Ätherrückstand durch Umkrystallisieren aus Wasser, Alkohol oder Äther, eventuell noch durch Behandlung mit schwefliger Säure und Tierkohle gereinigt und durch Bestimmung des Schmelzpunktes kontrolliert. Die Prüfung auf Hydrochinon geschah zumeist mit Eisenchlorid und den sich anschließenden Reaktionen; außerdem wurden aber auch noch die anderen bekannteren Reaktionen auf Hydrochinon herangezogen.

Versuche.

1. Autolysenversuche.

Diese wurden vorwiegend mit *Calluna vulgaris* ausgeführt, und zwar wurden sowohl die nur beblätterten, im Mai gepflückten, als auch die blühenden, zur Blütezeit gepflückten Stengel und diese wieder sowohl frisch als auch lufttrocken zu Versuchszwecken verwendet.

Je gleiche Mengen der fein zerkleinerten Stengel wurden mit gleich viel Wasser bis zur Breikonsistenz vermischt, beide Teile, normal und gekocht, mit gleich viel Arbutin umgerührt und unter Chloroformzusatz der Autolyse unterworfen.

In allen normal verlaufenden Versuchen konnte eine Spaltung des Arbutins durch die positiven Hydrochinonreaktionen nachgewiesen werden; in den Kontrollversuchen mit dem gekochten Organbrei blieben die Reaktionen auf Hydrochinon aus.

Bei einem Versuche, in welchem je 6 *g* der lufttrockenen, fein zerkleinerten, blühenden (am 11. August gepflückten) Stengel von *Calluna vulgaris* auf je 0·5 *g* Arbutin durch 14 Tage wirkten, ergab der normale Versuch einen Ätherrückstand von 0·0980 *g*, der Kontrollversuch 0·0175 *g*. Je gleiche Mengen der beiden Ätherrückstände wurden in gleich viel Wasser gelöst und mit gleich viel Eisenchlorid versetzt: die Lösung vom normalen Versuche wurde vorübergehend

blau, dann gelbbraun; mit Äther geschüttelt, wurde die Ätherschichte hellgelb, nach Verdunsten des Äthers blieb ein dunkelblauer Rückstand, der sich in konzentrierter Schwefelsäure unter vorübergehender Violettfärbung mit rötlichbrauner Farbe löste. Die Lösung beim Kontrollversuche dagegen gab mit Eisenchlorid keine vorübergehende Blaufärbung, die Ätherschichte blieb vollkommen farblos und hinterließ auch keinen blauen Rückstand. Der übrige Teil des normalen Ätherrückstandes wurde durch Umkrystallisieren aus Wasser und Alkohol gereinigt und mittels schwefliger Säure und Tierkohle entfärbt. In dem so gereinigten Produkt konnte wieder Hydrochinon nachgewiesen werden: durch die Reaktion mit Eisenchlorid, Bildung von Chinon, mit Chlorkalklösung, Chlorwasser u. a.

Ein ähnliches Resultat wurde auch bei der Einwirkung des filtrierten wässerigen Extraktes aus *Calluna vulgaris*, normal und gekocht, auf Arbutin erhalten. Auch hier konnte in dem relativ reichlichen Ätherrückstande des normalen Versuches Hydrochinon nachgewiesen werden, während der sehr geringe Ätherrückstand des Kontrollversuches kein Hydrochinon aufwies.

2. Versuche mit dem isolierten Enzym.

Das aus dem wässerigen Extrakt von *Calluna vulgaris* mittels Alkohol isolierte Enzym spaltete selbst in sehr verdünnter Lösung das zugesetzte Arbutin in die Komponenten Glukose und Hydrochinon.

Ebenso konnte durch die Einwirkung der aus *Vaccinium Myrtillus* isolierten enzymhaltigen Substanz auf Arbutin die erfolgte Spaltung derselben beobachtet werden.

Je 0·15 *g* Enzym, isoliert aus *Vaccinium Myrtillus*, in je 10 cm^3 Wasser gelöst, normal und gekocht, wirkten auf je 0·1 *g* Arbutin. Nach 7 Tagen wurde auf die Spaltungsprodukte geprüft; es konnte nur im Ätherrückstande des normalen Versuches Hydrochinon nachgewiesen werden, beim Kontrollversuche verliefen die Reaktionen auf Hydrochinon negativ.

Je 0·35 *g* Enzym aus *Vaccinium Myrtillus* wurden in je 12 cm^3 Wasser gelöst, normal und gekocht, mit je 0·2 *g* Arbutin versetzt und nach 14 Tagen die Spaltungsprodukte

untersucht. Während der Ätherrückstand beim normalen Versuch alle durchgeführten Hydrochinonreaktionen mit positivem Erfolge gab, blieben dieselben beim Kontrollversuche vollständig aus. Der in Äther unlösliche Anteil reagierte nur beim normalen Versuch auf Glukose, beim Kontrollversuche nicht.

Je 0·15 *g* Enzym, isoliert aus *Calluna vulgaris* (gepflückt im Mai), wurden in je 10 cm^3 Wasser gelöst und beide Lösungen, normal und gekocht, mit je 0·15 *g* Arbutin versetzt. Nach achttägiger Einwirkung konnte nur beim normalen Versuch eine Spaltung des Arbutins festgestellt werden. Die Lösung in Äther hinterließ beim normalen Versuch einen Rückstand im Betrage von 0·0220 *g*, während der Ätherrückstand im Kontrollversuche nur in Spuren vorhanden war, 0·0003 *g*. Aus dem normalen Ätherrückstande konnten nach erfolgter Reinigung 0·0120 *g* nadelförmige Krystalle erhalten werden, welche deutlich auf Hydrochinon reagierten. Der erhaltenen Menge von 0·0120 *g* Hydrochinon entsprechen 0·0296 *g* gespaltenen Arbutins.

0·15 *g* Enzym, isoliert aus *Calluna vulgaris* (gepflückt im August), wirkte in 3prozentiger Lösung 12 Tage auf 0·1 *g* Arbutin. Es wurden 0·0318 *g* Ätherrückstand erhalten, aus welchem nach entsprechender Reinigung 0·0213 *g* reines Hydrochinon isoliert wurde, entsprechend 0·0526 *g* gespaltenen Arbutins. In dem in Äther unlöslichen Anteile wurde Glukose nachgewiesen.

Da Arbutin auch von Emulsin gespalten wird (Kawalier, l. c.), so wäre auch hier (vgl. p. 1218) die Möglichkeit vorhanden, daß die beobachtete Spaltung des Arbutins durch Emulsin, beziehungsweise ein amygdalinspaltendes Enzym erfolgte. Zur Entscheidung dieser Frage ließ ich das von mir isolierte arbutinspaltende Enzym unter denselben Versuchsbedingungen, wie sie beim salicinspaltenden Enzym angegeben sind (siehe oben), auf Amygdalin einwirken; eine Spaltung desselben konnte nicht nachgewiesen werden. Es liegt also ein von Emulsin verschiedenes Enzym vor.

Aus den Versuchsergebnissen ist wohl der Schluß berechtigt, daß in den untersuchten Ericaceen ein auf Arbutin

wirksames Enzym vorkommt; ich schlage für das arbutinspaltende Enzym den Namen »Arbutase« vor.

III. Zusammenfassung der Resultate.

Das salicinspaltende Enzym wurde in einigen *Salix*- und *Populus*-Arten nachgewiesen. Die erfolgte Spaltung des Salicins in Glukose und Saligenin wurde sowohl durch Autolysenversuche als auch durch die mittels Alkohol isolierte enzymhaltige Substanz sichergestellt. Die Mitwirkung von Bakterien war ausgeschlossen; das isolierte Enzym war nicht Emulsin. Verfasser schlägt für das salicinspaltende Enzym den Namen »Salikase« vor.

In ähnlicher Weise wurde in *Calluna vulgaris* und *Vaccinium Myrtillus* eine auf Arbutin wirksame Substanz nachgewiesen, welche Arbutin in Hydrochinon und Glukose spaltet. Für das arbutinspaltende Enzym wird der Name »Arbutase« vorgeschlagen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXVII. BAND. X. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Über netzartige Protoplasmadifferenzierungen und Chloroplastenbewegung

von

Dr. **Fritz Knoll.**

Aus dem botanischen Institut der k. k. Universität in Graz.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Dezember 1908.)

Es ist schon seit langer Zeit bekannt, daß in den Blattzellen von *Funaria hygrometrica* (L.) Sibth. plasmatische Gebilde vorkommen, welche sich ohne weitere Präparation als deutliches Netzwerk zwischen den Chloroplasten nachweisen lassen.[1] Daß es sich bei *Funaria* nicht um sogenannte »Plasmastränge« (wie sie etwa in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia* auftreten) handelt, ist bereits von Klebs betont worden. In neuester Zeit hat Senn[2] sein Augenmerk auf diese Strukturen gerichtet. Nach Senn sollen nun diese Gebilde den Chloroplasten angehören, indem jeder Chloroplast von einer farblosen Plasmahülle (»Peristromium«) begrenzt sei, welche nach allen Seiten aus gleicher Substanz bestehende Pseudospodien aussende, mittels welcher der Chloroplast aktiv seinen Ort verändere. Senn stellt sich dabei vor, daß in Zellen mit großer Chloroplastenzahl die »Peristromialpseudopodien« benachbarter Chloroplaste verschmelzen oder wenigstens sich aneinander ansetzen und daß dann hiedurch das zwischen den Chloroplasten auftretende Netzwerk zustande käme. Senn gibt noch an, daß

[1] Klebs, Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Unters. d. botan. Inst. Tübingen. Bd. II, p. 558.

[2] Senn, Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzenchromatophoren (Leipzig, Engelmann, 1908).

diese Peristromialpseudopodien an allen Chloroplasten — wenn auch erst nach entsprechender Präparation — nachweisbar seien, und daß jene Laubmooszellen mit ihren kräftigen Netzstrukturen einen Spezialfall dieser Art von besonderer Vollkommenheit repräsentieren.

Mit diesen Ausführungen Senn's ist nun die schon früher von anderen Forschern [1] geäußerte Vermutung über eine den Chloroplasten zukommende aktive Bewegungsfähigkeit zu einer die Diskussion herausfordernden Behauptung erhoben worden.

Im folgenden soll nun das Ergebnis von Untersuchungen mitgeteilt werden, welche ich über Anregung von Prof. Dr. G. Haberlandt zur Prüfung der von Senn gemachten Angaben ausgeführt habe.

Senn hat zum größten Teile für das Studium der oben erwähnten plasmatischen Strukturen die Blattzellen von *Funaria hygrometrica* (L.) Sibth. benützt. Da mir sehr schönes Material von *Funaria* (Subg. *Entosthodon*) *fascicularis* (Dicks.) Schimp. zu Gebote stand, habe ich fast ausschließlich die Blattzellen dieser Art zu meinen Untersuchungen verwendet, zumal beide Arten sich hinsichtlich ihrer Blätter vollkommen gleich verhalten.

Zum Studium der von Senn als »Peristromialpseudopodien« bezeichneten Plasmagebilde eignen sich am besten jene Blattzellen von *Funaria,* welche zwischen Blattmitte und Blattbasis liegen. In diesen Zellen ist die Lagerung der Chloroplaste viel weniger dicht als in den Zellen, welche näher der Blattspitze liegen. In den Zellen der Blattbasis sind die Chloroplaste zwar noch weiter voneinander entfernt, aber diese Zellen eignen sich aus anderen Gründen nicht besonders für die Betrachtung der erwähnten Strukturen. Im übrigen empfiehlt es sich, wohlentwickelte, aber nicht zu alte Blätter für die Untersuchungen zu verwenden.

Es sollen zunächst die Verhältnisse an Zellen geschildert werden, deren Chloroplaste sich in der Peristrophe befinden. Bei dieser Lagerung der Chloroplaste lassen sich sehr schön

[1] Vgl. Senn, l. c., p. 294.

am lebenden Material die Plasmanetze beobachten. Die Zellen gewähren dann — bei Einstellung auf den Wandbelag der Außenwand — jenes Bild, wie es in Fig. 6 der Tafel für eine Zelle des Blattrandes dargestellt ist; nur ist der Zellkern in lebendem Zustand infolge einer großen Durchsichtigkeit meist nur sehr schwer zu erkennen. Aus Fig. 6 kann man ersehen, in welcher Weise sich die plasmatischen Fäden zwischen den Chloroplasten erstrecken. Bei aufmerksamer Betrachtung wird man bald bemerken, daß die Form der einzelnen Netzmaschen beständig Veränderungen erfährt. Inwieweit die Form jener Fäden, beziehungsweise Maschen veränderlich ist, und in welcher Weise diese Formveränderungen mit der Lageveränderung der Chloroplaste in Beziehung gebracht werden können, soll in den folgenden Zeilen ausführlich geschildert werden.

Fig. 2 zeigt eine in der Mitte der Außenwand gelegene Gruppe von Chloroplasten und die dazwischen sichtbaren plasmatischen Fäden. Man sieht aus der Figur, daß die Veränderungen in der Maschenform ziemlich rasch vor sich gehen — zwischen den in *a* und *e* dargestellten Stadien war nur ein Zeitraum von 27 Minuten verstrichen. Die Figuren *a* bis *e* stellen in ihrer Reihenfolge die nacheinander erfolgten Veränderungen dar (vgl. auch die Tafelerklärung!). Während die gezeichnete Veränderung der Maschengestalt vor sich ging, haben auch die Chloroplaste bereits ihre Stellung geändert: der mit Ziffer 1 bezeichnete Chloroplast hat eine Drehung und Bewegung nach aufwärts ausgeführt und die übrigen sind einander bedeutend näher gerückt. Am leichtesten lassen sich die an den plasmatischen Fäden auftretenden Erscheinungen verfolgen, wenn man zunächst das in Fig. 2 *b* dargestellte Bild betrachtet. Zwischen den Chloroplasten 1 und 3 bilden fünf Fäden einen gut sichtbaren Knoten. Wie dieser Knoten zustande kam, kann leicht aus der Fig. 2 *a* entnommen werden: Zwischen den Chloroplasten 1 und 2 erstreckt sich ein gekrümmter Faden, desgleichen ein Faden zwischen 1 und 3. Zwischen dem stark ausgeprägten Knie des Verbindungsfadens 1—2 und der Mitte des Fadens 1—3 muß ein (nicht sichtbarer) plasmatischer Faden vorhanden gewesen sein, der sich solange

verkürzte, bis der erwähnte Knoten entstand. Bald lockerte sich jedoch der Knoten, indem sich ein Faden — wahrscheinlich der früher nicht sichtbare — streckte, während sich das an 2 anschließende Fadenstück auffallend verkürzte. In Fig. 2 *c* waren die Chloroplaste 1 und 4 bereits auffallend verkürzt. In Fig. 2 *c* waren die Chloroplaste 1 und 4 bereits stark genähert; in Fig. *d* dagegen sind sie um die ganze Länge ihrer früheren Entfernung weiter voneinander abgerückt, um sich hierauf unter Verkürzung des Verbindungsfadens abermals zu nähern (Fig. 2 *e*). Die Fäden des in der Fig. 2 dargestellten Plasmanetzes zeichnen sich dadurch aus, daß sie auffallend gerade verlaufen. Es scheinen sich demnach die Fäden im Zustande der longitudinalen Zugspannung zu befinden. Bevor ich aber auf diesen Punkt genauer eingehe, will ich noch den in Fig. 1 dargestellten Fall erläutern. Auch diese Gruppe ist, wie die frühere, genau in der Flächenansicht wiedergegeben. Die in dieser Figur gezeichneten Veränderungen fanden innerhalb eines Zeitraumes von 42 Minuten statt. Die Beobachtung begann mit dem in Fig. 1 *a* dargestellten Zustand, zwischen den drei Chloroplasten war ein deutliches Plasmanetz sichtbar. Nach 10 Minuten war von letzterem nicht mehr zu sehen, als Fig. 1 *b* wiedergibt. Nach Senn würde dieses plötzliche Verschwinden der Fäden einen sicheren Beweis für die Pseudopodiennatur dieser Gebilde abgeben, wenn die Erscheinung nicht in der Weise vor sich ginge, daß auf einmal ein ganzer Faden oder ein größeres Stück eines solchen undeutlich wird und gleichsam zergeht. In Fig. 1 *b* sieht man vom Chloroplasten 2 ein geknicktes Fadenstück ausgehen, welches im Zwischenraum zwischen den Chloroplasten 1 und 3 sein Ende erreicht, ohne daß man jedoch ein allmähliches Dünnerwerden des Fadens gegen dieses Ende zu hätte wahrnehmen können. Das in dieser Figur sichtbare Knie des letzterwähnten Fadens läßt, wie im zuerst geschilderten Falle, das Vorhandensein eines unsichtbaren Fadens vermuten, der bei seinem Verkürzen an der Knickungsstelle eine Zugwirkung ausübt. In Fig. 1 *c* ist dieser vermutete Faden plötzlich seiner ganzen Länge nach sichtbar geworden, wobei sich an ihm ebenfalls (als Folge eines seitlichen Zuges) ein scharf ausgeprägtes Knie

bemerkbar macht. Gleich nachdem das Stadium *c* gezeichnet war, verstärkten sich die beiden Knickungen des Fadens 1—2 noch beträchtlich — aber noch ehe ich diese Formveränderung in einer Zeichnung festhalten konnte, hatte sich der Faden mit ziemlicher Schnelligkeit gerade gestreckt (Fig. 1 *d*). Hierauf trat eine Verkürzung des Fadens ein und eine starke Annäherung der Chloroplaste 1 und 2; unterdessen war die eine Hälfte des Fadens unsichtbar geworden. In Fig. 1 *d* zeigt sich zwischen den Chloroplasten 2 und 3 ein engmaschiges, aber kaum wahrnehmbares Netzwerk und gleich darauf (Fig. 1 *e*) erfolgte die Annäherung der Chloroplaste. In dem Stadium *e* war von dem letzterwähnten Netzwerk nichts mehr zu sehen.

Nach dem bis jetzt Gesagten zeigen die zwischen den Chloroplasten vorhandenen Fäden folgende Veränderungen: Verkürzung, Verlängerung, plötzliches Sichtbarwerden und plötzliches Verschwinden. Nach obigen Angaben ist man zur Annahme berechtigt, daß die Bewegung der Chloroplaste durch entsprechenden Zug, beziehungsweise durch Verkürzung der Fäden der benachbarten Netzpartien zustande kommt. Hierzu ist es natürlich erforderlich, daß eine feste Verbindung zwischen dem plasmatischen Netz und den Chloroplasten vorhanden ist. Wie diese Verbindung beschaffen ist, soll später dargelegt werden. Zunächst soll ein interessanter Fall geschildert werden, in welchem wohl eine Formveränderung der Netzmaschen, aber keine Bewegung der Chloroplaste zu beobachten war. Fig. 3 *a* zeigt fünf Chloroplaste (in Flächenansicht) aus einer nahe der Blattbasis gelegenen Zelle. Die Chloroplaste waren reich mit Stärke erfüllt, so daß sie stellenweise eine eckige Kontur aufwiesen. Das plasmatische Netz war deutlich zu sehen und bestand aus Fäden von ziemlich gleicher Dicke. Wenngleich sich in der Beobachtungszeit (15 Minuten) das Plasmanetz stark veränderte, konnte ich doch keine Verlagerung der Chloroplaste bemerken. Vergleicht man nun damit die in derselben Zeit in den der Fig. 1 oder 2 zugrunde liegenden Fällen (mit der Netzveränderung gleichzeitig) erfolgenden Ortsveränderungen der Chloroplaste, so erscheint die zuletzt mitgeteilte Beobachtung schwer erklärlich. Und doch wird die Sache sofort verständlich, wenn

man die Maschenformen der Fig. 1, 2 und 3 miteinander vergleicht. Während in Fig. 1 und 2 die Fäden straff gespannt erscheinen, zeigen die Maschen der Fig. 3 ein schlaffes Aussehen. Fasern, welche eine Zugwirkung ausüben sollen, müssen sich doch erst geradestrecken, was hier durch eine entsprechende Verkürzung geschehen muß. Dieses Straffwerden des Netzes war eben in dem der Fig. 3 zugrunde liegenden Falle unterblieben, und damit unterblieb auch die Verlagerung der Chloroplaste.

Wenn die Chloroplasten der Außenwände infolge der Bewegung der »Peristromialpseudopodien« nach den Fugenwänden »hinüberkriechen« würden, so müßten bei vollständiger Apostrophe die Außenwände der Blattzellen vollständig frei von Netzstrukturen sein. Dieser Meinung ist auch Senn, indem er (l. c., p. 295) sagt: »In jungen, zarten Blättern, deren Chloroplasten sich infolge von Verdunklung in völliger Apostrophe befinden, erscheint die Außenwand der Zellen, respektive der ihr anliegende plasmatische Wandbelag, völlig homogen, ohne jegliche Differenzierungen.« Dieser Meinung entsprechend ist auch die von Senn auf Taf. V, Fig. 10 *A* seines Buches wiedergegebene Abbildung ausgeführt. Ich habe nun an Funeriablättern, in deren Zellen durch Verdunklung die Apostrophe hervorgerufen worden war, die von Chloroplasten freien Außenwände genau untersucht. In vielen Fällen habe ich im Plasmabelag der Außenwände keine Spur von Netzstrukturen wahrnehmen können. Beim Eintreten der Peristrophe (oder Epistrophe) habe ich dann ähnliche Bilder beobachtet, wie sie Senn in Fig. 10 der Taf. V seines Buches darstellt — nur waren die Plasmafäden nicht so dick, wie sie daselbst gezeichnet sind, und ihr Anschluß an die Chloroplaste zeigte keine solchen Verbreiterungen, wie sie in den Abbildungen Senns zu sehen sind. Ich konnte in einem solchen Falle konstatieren, daß auch dann, wenn ein Chloroplast schon die Mitte der Außenwand erreicht hatte, in seiner Umgebung noch immer keine Strukturen sichtbar waren, welche ich als unzweifelhafte Netzstrukturen hätte ansprechen können. Wohl aber waren in diesem Falle an den der Fugenwand noch anliegenden Chloroplasten deutlich plasmatische Fäden zu

erkennen. In anderen Fällen dagegen habe ich auch an den vollkommen chloroplastenfreien Außenwänden mit Sicherheit Netzstrukturen nachweisen können. Diese Netze waren oft außerordentlich deutlich und erstreckten sich auf die ganze plasmatische Außenwand, in anderen Fällen waren sie undeutlich und auch bei sehr guter Beleuchtung (Auerlicht) nur sehr schwer sichtbar. In einem Falle, wo die mir zugekehrte Außenwand keine Chloroplaste, wohl aber ein deutliches Netzwerk zeigte, habe ich letzteres auf sein Verhalten genau untersucht. Dabei zeigte dieses Netz alle Eigenschaften, welche den zwischen den Chloroplasten ausgespannten Netzstrukturen eigentümlich sind: es stimmte in der Form und Beschaffenheit der Fäden, sowie in der Veränderlichkeit der Maschen (beziehungsweise Fäden) mit letzteren vollständig überein. Diese Tatsachen sprechen entschieden gegen die Pseudopodiennatur der plasmatischen Netze. Um sicher zu sein, daß es sich hier um eine noch vollständig funktionsfähige Zelle handelt, habe ich dieselbe Zelle nach $^3/_4$ Stunden wieder untersucht: Die Chloroplaste waren nun gleichmäßig über die Außenwände verteilt. Ein interessantes Verhalten zeigten solche Zellen, bei welchen die meisten Chloroplaste in der Fugenwandstellung sich befanden, aber ein oder zwei Chloroplaste auf einer Außenwand zurückgeblieben waren. In diesen Fällen waren die zurückgebliebenen Chloroplaste meist von einem deutlichen Netzwerk umgeben, welches sich als mehr oder weniger breiter Streifen quer über die Zelle nach einer oder beiden Fugenwänden erstreckte und in Zusammenhang mit dem Netzwerk der Fugenwände zu stehen schien. Die übrigen Teile der Außenwände blieben dann meist von solchen Netzstrukturen vollständig frei. Die Maschen dieser lokalisierten Netzpartien waren oft sehr deutlich in der Querrichtung der Zelle gestreckt.

Die soeben mitgeteilten Ergebnisse meiner Beobachtungen an chloroplastenfreien Außenwänden könnten, für sich allein betrachtet, zur Ansicht führen, daß die plasmatischen Netze mit der Chloroplastenverlagerung überhaupt nichts zu tun haben. Ich habe ja erwähnt, daß die Chloroplastenbewegung auch in jenen Fällen erfolgt, in welchen in der Umgebung der

betreffenden Chloroplaste Netzstrukturen nicht sichtbar sind. Hierzu ist jedoch zu erwähnen, daß ich bereits früher (bei der Schilderung der den Fig. 1 und 2 zugrunde liegenden Beobachtungen) gezeigt habe, daß oft eine Zugwirkung an bestimmten Teilen des Netzes deutlich zu bemerken ist, ohne daß man sogleich auch den ziehenden Faden wahrnehmen kann. Schließlich wird aber meistens ein solcher erst nur vermuteter Faden an der betreffenden Stelle im Verlaufe der weiteren Beobachtung auch sichtbar. Wenn ferner auf den chloroplastenlosen Außenwänden bei Apostrophe Netzstrukturen oft deutlich sichtbar sind, oft scheinbar fehlen, so läßt sich aus den oben angeführten Gründen für diese Fälle das Nichtvorhandensein der Netze überhaupt nicht beweisen. Wohl aber könnte sich das Vorhandensein dieser Strukturen an scheinbar strukturlosen Stellen durch entsprechende Fixierungs- und Färbungsmethoden nachweisen lassen; mir selbst ist der Färbungsnachweis an scheinbar strukturlosen Wandpartien jedoch nicht gelungen.

Von größerer Bedeutung ist die Entscheidung der Frage, wie die netzförmigen Strukturen, welche sich zwischen den Chloroplasten wahrnehmen lassen, mit diesen zusammenhängen. Nach meinen Beobachtungen bilden die als Verbindungsfäden zwischen den Chloroplasten erscheinenden Plasmadifferenzierungen ein vollständiges Netz, welches sich im Cytoplasma zwischen den Chloroplasten und der inneren Plasmahaut befindet und dieser letzteren vielleicht unmittelbar anliegt. Ich konnte in vielen Fällen beobachten, daß der Rückenseite der Chloroplaste oft mehrere kleine Maschen dieses Plasmanetzes aufliegen, welche bei tieferer Einstellung — falls die Chloroplaste nur wenig Stärke enthalten — an den von der Bauchseite gesehenen Chloroplasten als helleuchtende, anastomosierende Fäden erscheinen. Falls die Fäden sehr zart sind, kann man meinen, daß dieselben sich direkt an den Rand des Chloroplasten ansetzen. Doch kann man sich von der Unrichtigkeit dieser Vorstellung dadurch überzeugen, daß man bei einem in der Mitte der dem Beobachter zugewendeten Außenwand liegenden Chloroplasten den Mikroskoptubus so lange senkt, bis der Rand des Chloroplasten in

der größtmöglichen Deutlichkeit sichtbar ist; betrachtet man nun bei dieser Einstellung [1] einen anscheinend von der betreffenden Randpartie ausgehenden Plasmafaden, so wird der letztere meist mehr oder weniger leuchtend erscheinen. Soll der Faden jedoch scharf konturiert in grauer Farbe hervortreten, muß der Tubus noch weiter gesenkt werden; daraus geht klar hervor, daß ein solcher Plasmafaden nicht im gleichen Niveau mit dem Chloroplastenrand, sondern noch etwas weiter gegen den Saftraum zu liegt. Sehr gut entspricht dieser meiner Auffassung die auf p. 302 des Senn'schen Buches gegebene Abbildung. Doch sagt Senn (auf derselben Seite): »Offenbar liegt nicht stets dieselbe Partie der Chloroplastenfläche der Plasmahautschicht an, weshalb die ursprünglich am Rande der Chromatophoren ausgestülpten und nicht mehr eingezogenen Pseudopodien mit ihren Insertionen allmählich auf eine der Flächen hinaufrücken«. Nach Senn bildet demnach die von mir als allgemein angenommene rückenständige Ausbildung der Fäden den Ausnahmefall. Wirklich »randständig« sind die Fäden nur dann, wenn sie, wie bei den Chloroplastenketten der Stengelrinde von *Selaginella Kraussiana*, auf eine unvollständige Durchschnürung der Chloroplaste bei ihrer Teilung zurückzuführen sind. Schließlich muß ich noch in Kürze auf die Profilansicht der Chloroplaste (bei der Apostrophe) hinweisen. In Fig. 5 der Tafel sind stärkearme Chloroplaste dargestellt. Man sieht den protoplasmatischen Wandbelag; fädige Strukturen sind nicht zu bemerken. Fig. 4 zeigt dieselben Verhältnisse für einige stärkereiche Chloroplaste aus der basalen Blattregion. Die scheinbar saitenartig durch den Zellsaftraum (parallel zur Zellwand) ausgespannten Fäden gehören zum Teil dem Protoplasma der benachbarten Außenwand an; zum Teil scheinen jedoch manchmal solche Fäden von meist kräftigerer Beschaffenheit auch durch den Zellsaftraum zu gehen, indem sie wahrscheinlich durch das bei der Stärkespeicherung erfolgende Dickerwerden der betreffenden Chloroplaste in den Zellsaftraum hinausgezogen werden.

[1] Reichert, Obj. 9, Okul. 4.

Endlich ist noch zu erwähnen, daß sowohl einzelne Chloroplaste als auch die plasmatischen Netzstrukturen durch plasmatische Fäden mit dem Zellkern in Verbindung stehen (Fig. 6 und 7 der Tafel).

Die bis jetzt besprochenen Netzstrukturen stehen, wie schon erwähnt wurde, sowohl nach der Meinung Senn's als auch nach meiner Meinung allem Anscheine nach in direkter Beziehung zur Bewegung der Chloroplaste. Nur unterscheidet sich meine Auffassung von der Senn's dadurch, daß dieser Forscher die erwähnten Strukturen als Pseudopodien der Chloroplaste betrachtet, während ich zur Ansicht gelangt bin, daß die plasmatischen Netze als Bildungen eigener Art im Cytoplasma auftreten,[1] welche zum Zwecke der Chloroplastenverlagerung mit der Rückenfläche der Chloroplaste in feste Verbindung treten. Man kann sich nun ganz gut vorstellen, daß das plasmatische Netz die in der Zelle vorhandenen Lichtunterschiede selbst perzipiert, auch könnte bei bestimmter Lichtintensität ein (vielleicht chemischer) Reiz von den Chloroplasten auf die Netzfasern übertragen werden, schließlich könnte auch ein solcher, das Plasmanetz zu einer bestimmten Tätigkeit veranlassender Reiz von der äußeren Plasmahaut ausgehen — das sind Möglichkeiten, welche uns wohl zu weiteren Studien anregen können, von denen aber nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse keine ohne Zuhilfenahme von unbeweisbaren Annahmen als Erklärung der oben geschilderten Vorgänge hingestellt werden kann.

Senn hat in seinem Buche die Ansicht vertreten, daß bei allen grünen Pflanzen die Lageveränderung der Chloroplaste durch Ausstülpen und Einziehen von Peristromialpseudopodien erfolgt. Es sollen sich diese Pseudopodien auch bei höheren Pflanzen leicht nachweisen lassen. Senn verweist zunächst auf die Untersuchungen von Schaarschmidt.[2]

---

[1] Ähnlich wie die Spindelfasern bei der mitotischen Kernteilung.

[2] Schaarschmidt G., Über die Teilung des Chlorophylls. Referat im Bot. Zentralblatt, I., p. 457. (»Ferner ist hervorzuheben, daß Verfasser bei Anwendung sehr starker Immersionen bemerkt hat, daß die Oberflächen der Chloro-

Die nach der Angabe Schaarschmidt's am schönsten bei *Hartwegia comosa* sichtbaren »Cilien« der Chloroplaste habe ich bei dieser Pflanze vergeblich gesucht. Wohl aber sah ich mitunter die Chloroplaste durch Fäden verbunden, welche den kürzlich von Lidforss[1] beschriebenen Gebilden entsprechen. Ferner bemerkte ich zahlreiche kleine Vakuolen, welche sich dicht an den Chloroplasten befanden und durch ihre Wände sehr leicht bei ungenügender Beobachtung Cilien vortäuschen konnten. Solche Trugbilder habe ich bei verschiedenen Pflanzen beobachtet. So z. B. bei Zellen aus dem Blattstiel von *Villarsia parnassiifolia* R. B. *(Gentianaceæ)*. Diese Vakuolenwände werden kurzen Pseudopodien besonders dann täuschend ähnlich, wenn man die Zellen fixiert und Färbungen vornimmt (Fig. 8 *b* der Tafel). In Fig. 8 *a* habe ich ein Chlorophyllkorn dargestellt, dessen Oberfläche dicht mit Mikrosomen besetzt ist; auch solche Bilder könnten allenfalls plasmatische Fortsätze des Peristromiums vortäuschen. Da man diese letzterwähnten Bilder auch in lebendem Zustand an manchen Chloroplasten schön wahrnehmen kann, dürfte bei Schaarschmidt eine solche Hülle gleichgroßer Mikrosomen als jene »äußerst feinen, zumeist gleichweit voneinander abstehenden Cilien« beobachtet worden sein.

Schließlich erwähnt Senn,[2] daß er selbst diese »Cilien« bei *Aspidistra elatior*, *Equisetum arvense* und *Sedum Sieboldi* am lebenden Material konstatiert habe. Senn betont wohl, daß in diesen Fällen die Stränge benachbarter Chloroplaste miteinander nicht in Verbindung treten und daß sie viel weniger leicht zu sehen sind, als die beschriebenen Netzgebilde von *Fumaria* — sonst aber fand ich bei Senn keinerlei Andeutung über die Beschaffenheit der an höheren Pflanzen beobachteten »Peristromialpseudopodien«. Deshalb war es auch schwer zu ergründen, welche bei vorgenommener Fixierung und Färbung

---

phyllkörner mit äußerst feinen zumeist gleichweit voneinander abstehenden Cilien besetzt sind«, auf p. 459.)

[1] Lidforss B., Über kinoplasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chromatophoren. Lunds Univ. Arsskr., N. F. Afd. 2, Bd. 4, No 1. Kongl. Fys. Sällsk. Handl., N. F., Bd. 19, No 1.

[2] Senn, l. c., p. 300.

sichtbaren Gebilde als die von Senn beobachteten »Pseudopodien« anzusprechen sind. Ich untersuchte zunächst die Assimilationszellen der Laubblätter von *Aspidistra elatior* in lebendem Zustand. An wandständigen Chloroplasten läßt sich, besonders bei Profilstellung, sehr schön das Peristromium wahrnehmen, welches als helleuchtende Hülle das sattgrüne, feinpunktierte Stroma überzieht. Wenn man ein solches Chlorophyllkorn von der Bauchseite betrachtet, sieht man oft zahlreiche Mikrosomen an der Außenseite des Peristromiums aufsitzen, so daß in vielen Fällen eine große Anzahl radiär gestellter, ganz kurzer Striche vom Peristromium auszugehen scheint. Diese Mikrosomen sind nur am Rande der Bauchseite zu finden, wo sie sich auch oft infolge von Plasmaströmungen leicht bewegen; auf der Rückenseite sind Mikrosomen nur selten zu bemerken. Wenn man nun die von Senn empfohlene Fixierung der Zelle mit kochendem Alkohol vornimmt, bemerkt man zunächst, daß die Chloroplaste dabei eine auffallend körnige Struktur annehmen. Die einzelnen Körnchen sind innerhalb des Stromas in deutlichen Spirallinien angeordnet. Ferner bemerkt man, daß sich bei der Kontraktion des Stromas das Peristromium abhebt, und daß dabei einzelne Körnchen an der Innenseite des Peristromiums kleben bleiben oder in den zwischen Stroma und Peristromium auftretenden Zwischenraum hineingezogen werden. Dadurch kommt dann jene von Senn so oft erwähnte Sternform der Chloroplaste zustande, welche nach der Ansicht dieses Forschers in dem Vorhandensein pseudopodienartiger Fortsätze des Peristromiums ihren Grund haben sollte.[1] Die Fixierung der Chloroplaste durch kochenden Alkohol ist jedoch — wenigstens für dieses Objekt, und wohl auch für die meisten anderen — vollständig zu verwerfen. Ich habe nämlich bei denselben Zellen von *Aspidistra* die Fixierung nach der von Lidforss[2] empfohlenen Methode (Einwirkung von Osmiumdämpfen und nachherige Behandlung mit Alkohol von steigender Konzentration) versucht und dabei ganz vorzügliche Resultate erhalten. Dabei verkleinert sich der

[1] Senn, l. c., p. 300 f.

[2] Lidforss, l. c., p. 3 ff.

Durchmesser der Chloroplaste etwa um ein Viertel, ohne daß jedoch die ursprüngliche Form der Chloroplaste verloren geht und jene erwähnte Sternform zustande käme. Nebenbei sei noch erwähnt, daß bei der Fixierung der Schnitte nach der Lidforss'schen Methode an unverletzten Zellen niemals ein Abheben des Plasmaschlauches von der Zellwand zu beobachten war. Ein weiterer Vorzug dieser Methode besteht darin, daß die fixierten Chloroplaste aller jener Zellen, welche beim Schneiden nicht geöffnet wurden, auch nach längerem Liegen in absolutem Alkohol noch ein sehr homogenes, durchsichtiges Aussehen besitzen, und daß statt der groben Körnelung, welche man bei Anwendung von heißem Alkohol erhält, am Stroma nur eine sehr feine, gleichmäßige Punktierung wahrzunehmen ist. Auch das Peristromium ist an den mit der Osmium-Alkoholmethode erhaltenen Präparaten sehr gut zu sehen und dem Stroma anliegend. Wurden jedoch die Zellen bei Anfertigung des Schnittes auch nur wenig geöffnet, zeigten die Chloroplaste sofort körnige Degeneration und Auflösung — auch diese Verhältnisse sind nach der Osmium-Alkoholfixierung noch deutlich sichtbar. Nach dieser Methode ist demnach die von Senn so sehr hervorgehobene Sterngestalt fixierter Chloroplaste als Artefakt zu betrachten. Die genau nach der von Lidforss beschriebenen Methode fixierten Schnitte lassen in den intakt gebliebenen Zellen auch ohne Anwendung von Färbungen die von diesem Forscher nachgewiesenen »kinoplasmatischen« Strukturen erkennen. Da man diese im Cytoplasma liegenden Fäden — besonders wenn man sie zuvor an gut fixierten Schnitten gesehen hat — auch in lebenden Assimilationszellen sehr leicht erkennen kann, so bin ich der Meinung, daß wahrscheinlich in diesen Strukturen die Senn'schen Pseudopodienbeobachtungen begründet sind. Genau in derselben Weise, wie nach den Untersuchungen Lidforss' sich der Zellkern etwa in den Epidermiszellen der Blattunterseite von *Pyrola minor*[1] in zahlreiche plasmatische Ausläufer fortsetzt, welche mit den Chloroplasten in Verbindung treten, so sieht man auch in den

[1] Lidforss, l. c., Taf. II, Fig. 13 (vgl. auch die anderen Fig. der Tafel!).

Assimilationszellen der *Aspidistra*-Blätter, daß vom Zellkern zahlreiche Plasmafäden ausstrahlen, die sich an die Chloroplaste ansetzen und sich oft untereinander durch Anastomosenbildung zu deutlichen Netzen vereinigen. Da diese vom Kern ausgehenden plasmatischen Fäden in gleicher Ausbildung — wenn auch kürzer und weniger zahlreich — auch in den chloroplastenlosen Epidermiszellen der *Aspidistra*-Blätter vorhanden sind, so ergibt sich daraus mit Sicherheit, daß die von Senn beobachteten Gebilde mit den Chloroplasten, beziehungsweise dem Peristromium in keinem genetischen Zusammenhange stehen, und damit auch keine Peristromialpseudopodien im Sinne Senn's sein können. Gleichzeitig ist aber auch damit die Identität der zuletzt besprochenen Plasmadifferenzierungen von *Aspidistra* mit den zuerst untersuchten Plasmanetzen der *Funaria*-Blätter gegeben — vorausgesetzt, daß es Lidforss gelingt, die für *Funaria* geschilderten Verhältnisse hinsichtlich der bei der Chloroplastenverlagerung eintretenden Maschenveränderungen, beziehungsweise Fadenverkürzungen nachzuweisen.[1] Ob man nun diese plasmatischen Fäden mit Lidforss zum Kern rechnet (als Fortsetzungen der Kernmembran) oder ob man sie als Bildungen eigener Art innerhalb des Cytoplasmas auffaßt, ist eine gleichgültige Sache, geradeso wie die Entscheidung der Frage, ob Kernmembran und Peristromium zum Cytoplasma zu rechnen sind oder nicht.

Nach diesen Untersuchungen bin ich zur Ansicht gelangt, daß eine Erklärung der Chloroplastenbewegung in der von Senn versuchten Weise für die höheren Pflanzen nicht angenommen werden kann. Wie sich die Verhältnisse bei den Algen verhalten, habe ich nicht untersucht, da ja ohnedies nicht die bei Algen vorkommenden Eigentümlichkeiten direkt auf die höheren Gewächse übertragbar sind. Wenn selbst bei einigen Algen wirklich ein amöbenartiges Kriechen der Chloroplaste nachzuweisen wäre,

---

[1] Da Lidforss (l. c., p. 38 unten) experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung dieser Strukturen in Aussicht gestellt hat, bin ich von der Entscheidung dieser höchst interessanten Frage zurückgetreten.

oder wenn man auch in einigen Algengruppen, etwa zum Beispiel bei Siphoneen, echte Pseudopodien finden könnte, so kann dies nicht, wie dies durch Senn geschah, per analogiam für die höheren Gewächse behauptet werden.

Tafelerklärung.

Figur 1 bis 7. *Funaria fascicularis.*

Fig. 1. Ortsveränderung dreier Chloroplaste aus einer Zelle der Blattmitte. *a* 9^h 40, *b* 9^h 50, *c* 10^h 6, *d* 10^h 15, *e* 10^h 22. (Die Lage der Chloroplaste wurde mit dem Zeichenapparat nachgezeichnet, die feinen Plasmastränge dagegen aus freier Hand mit möglichster Genauigkeit wiedergegeben. Reichert Obj. homog. Imm. und Okul. 3.)

Fig. 2. Ortsveränderung von fünf Chloroplasten (aus einer Zelle der Blattmitte) und die gleichzeitig erfolgende Formveränderung des Plasmanetzes. *a* 10^h 13, *b* 10^h 18, *c* 10^h 26, *d* 10^h 32, *e* 10^h 40. (Herstellung der Zeichnungen wie in Fig. 1.)

Fig. 3. Formveränderung des Plasmanetzes ohne konstatierbare Ortsveränderung der daran befindlichen Chloroplaste (aus einer Zelle näher der Blattbasis). *a* 3^h 45, *b* 3^h 50, *c* 3^h 60. (Sowohl die Chloroplaste als auch das Netz wurde mit dem Zeichenapparat gezeichnet. Reichert Obj. homog. Imm., Okul. 3.

Fig. 4. Stärkereiche Chloroplaste an einer Fugenwand bei vollständiger Apostrophe (aus der unteren Blatthälfte). Reichert Obj. 9, Okul. 3.

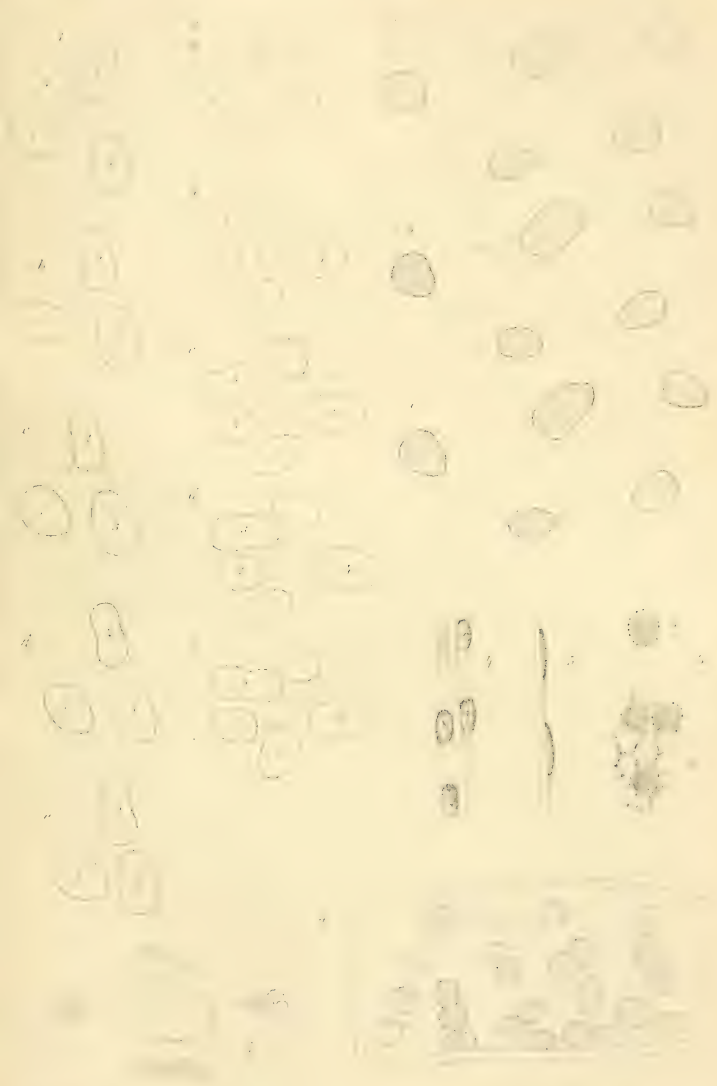
Fig. 5. Stärkefreie Chloroplaste aus der oberen Blatthälfte, in Profilstellung bei Apostrophe. Reichert Obj. 9, Okul. 3.

Fig. 6. Randzelle aus der mittleren Blattpartie. Reichert Obj. 9, Okul. 3. Zeichenapparat.

Fig. 7. Plasmatische Verbindungsfäden zwischen Zellkern und Chloroplasten (aus einer Zelle der Blattbasis). Fixierung mit Jodwasser. Reichert Obj. 9, Okul. 3.

Fig. 8. *Villarsia parnassiifolia.*

Fig. 8. Scheinbare Netzstrukturen zwischen den Chloroplasten (aus einer Zelle des Blattstiels). Fixierung mit Jodwasser, Eosinfärbung. In *a* ein einzeln liegender Chloroplast.



Geologische Beschreibung der Umgebung des Sees Musters in Patagonien[1]

von

Richard Stappenbeck.

(Mit 1 Karte, 1 Tafel und 4 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Oktober 1908.)

Buenos Aires, den 22. Mai 1908.

Zunächst ein paar kurze Erklärungen zur beigefügten Kartenskizze. Es muß betont werden, daß es nur eine Skizze ist, denn die Verarbeitung des Materials ist noch nicht vollendet, da der Abschluß einer Arbeit über die Vorkordilleren zunächst geplant ist.

Hinter der Küste des südöstlichen Chubuts erhebt sich mit hohem, steilem Abfall ein Tafelland, die Pampa de Castillo, auch Pampa de Holdich genannt, das an der Küste eine durchschnittliche Höhe von 600 *m* hat, nach dem Innern zu aber ansteigt. Ich maß in der Nähe des Cañadons Pietrobelli mit dem Aneroid 870 *m*. Diese Pampa ist von randlichen Schluchten zerrissen, und in der Colonia Escalante (Burenkolonie) ist durch die Zerstückelung der Pampa ein Hügelland geschaffen worden. Auch der Pico Salamanca (rund 500 *m*) ist ein abgetrenntes Stück der Pampa. Nach Nordwest fällt das Land ziemlich rasch zur Senke der Seen Musters und Colhué-Huapi und der Kolonie Sarmiento ab. Meine Aneroid- und Hypsometermessungen sind noch nicht berechnet worden, doch dürfte Sarmiento kaum mehr als 400 *m* über dem Meeresspiegel liegen. Westlich vom Lago Musters erhebt sich ein rauhes, hohes, wild zerrissenes

[1] Brief an das w. M. Ed. Sueß.

Tafelland, dessen Höhe aber 1000 *m* sicher nicht übersteigt. Der höchste Punkt ist der Cerro Castillo im Norden des Lago Musters mit 1300 *m* (Aneroid). Östlich von diesem Berge zieht sich eine Senke vom Nordende des Lago Musters nach Norden und führt die Namen Bajo de las Liebres und Bajo del Infierno. Die beiden Seen werden durch einen Höhenzug getrennt, der im Cerro Chenques seine größte Erhebung erreicht mit etwa 300 *m* über dem Spiegel der Seen. Nördlich vom Colhué-Huapi liegt ein rauhes, durch eine in Blöcke aufgelöste Decke von Gabbro[1] fast unwegsames Tafelland, das niedriger ist als die Pampa de Castillo und das Tafelland westlich vom Lago Musters, aber höher ist als die Terrassen, die den Rio Chico auf beiden Seiten begleiten und nur von einigen Gipfeln überragt werden, die aus Gabbro bestehen (Pico Oneto 900 *m*).

Die ältesten Schichten treten in der Seegegend zutage. Es sind die sogenannten Areniscas abigarradas oder die Chubutformation. Sie gehören zur Kreide. Ob sie ganz zur oberen Kreide gehören oder ob noch Älteres darin steckt, ist bisher noch nicht mit Sicherheit ermittelt. Ihre Unterlage tritt hier nicht zutage, aber bei den nördlicher gelegenen Häfen Camarones und Cabo Raso liegen unter ihnen Quarzporphyre. Über den areniscas abigarradas liegt die Pehuenchestufe, auch »rote« Dinosauriersandsteine genannt. Sie sind petrographisch den Areniscas so ähnlich, daß man sie ohne Fossilfunde nicht davon unterscheiden kann. Ich habe beide Gruppen deshalb auf der Karte mit einer Farbe angegeben. Übrigens hege ich großen Zweifel daran, ob es wirklich zwei getrennte Formationen sind; Ameghino behauptet, sie hätten zwei verschiedene Dinosaurierfaunen, aber diese sind noch nicht beschrieben.[2] Darüber folgt eine marine Ablagerung, oberes Obersenon, die von v. Ihering und Ameghino als Salamancastufe bezeichnet

[1] Ich schreibe vorläufig Gabbro, weil dieser Name für die betreffenden Gesteine in der Literatur umgeht. Das Gestein muß aber erst untersucht werden.

[2] Roth faßt denn auch diese Stufen einschließlich der Nothostylopsstufe als »Dinosaurierformation« zusammen, da er sowie Carlos Ameghino in dieser letzten Abteilung noch Dinosaurierreste fanden. Darnach wäre die marine »Salamancastufe« in der Tat nur eine Einschaltung in die terrestrische Formation.

wird. Wilckens hat nachzuweisen gesucht, daß diese Salamancastufe, die Kreide von Roca und die Schichten vom Cerro Cazador bei Ultima Esperanza gleichaltrig seien. Diese Ansicht ist ja durch die Funde von der Seymourinsel (Grahamsland) gestützt worden. Über der marinen Kreide liegen die terrestrischen Schichten mit *Notostylops*, *Astraponotus* und *Pyrotherium*. Ameghino stellt alle drei in die Kreide. Schlosser tritt für den alttertiären Charakter der Säugetierfaunen ein. Nach der Ablagerung dieser Schichten sind die Ergüsse von Gabbro erfolgt und danach ist an einzelnen Stellen die Auffaltung entstanden, von der ich später sprechen werde. Die nun folgende Ablagerung ist die patagonische Molasse.[1] Ameghino und Ihering halten sie für eozän, wobei sich Ihering hauptsächlich auf die Ähnlichkeit der Fauna mit der der Oamaru- und Pareorastufe Neuseelands stützt. Ortmann und Wilckens halten sie für miozän. Nun hat Park ja auch für die Oamaru- und Pareoraschichten miozänes Alter nachgewiesen und die Lagerungsverhältnisse sprechen auch durchaus für diese Ansicht. Ich habe eine große Menge von Fossilien aus dieser Formation gesammelt und hoffe, damit einen Beitrag zur Entscheidung dieser Frage liefern zu können. Ich bin aber, wie gesagt, noch nicht zur Bearbeitung dieser Sammlungen gekommen. Am Pico Salamanca liegt die patagonische Molasse diskordant über den älteren Schichten, deren Fossilien ich noch nicht bestimmt habe. Deshalb habe ich auf der Kartenskizze die Umgegend des Pico Salamanca auch noch nicht ausgezeichnet. Meist untrennbar mit der patagonischen Molasse verknüpft liegt darüber eine sehr wahrscheinlich terrestrische Formation mit vielen verkieselten Baumstämmen, die Ameghino als araukanische Sandsteine bezeichnet hat. Ich will diesen Namen beibehalten.[2] Der Sandstein ist pliozän. Diskordant breitet sich darüber das tehuelchische Geröll, das alle Terrassen bedeckt. Die Stellung der Colpodonschichten muß ich unentschieden lassen. Jedenfalls sind die Schichten jünger als die Gabbrodecke.

---

[1] Patagonische Tuffformation Roth's.

[2] Roth hat sie neuerdings als »patagonische Sandsteine« bezeichnet.

Nach dieser kurzen stratigraphischen Übersicht will ich die Faltungen beschreiben, die ich im Norden vom Lago Musters, am Cerro Chenques, am Südufer des Colhué-Huapi und am Pico Salamanca gefunden habe. Ich habe nirgends etwas über die Deklination der Magnetnadel im südöstlichen Chubut erfahren können, deshalb teile ich immer das beobachtete Streichen mit.

Das allgemeine Einfallen der Schichtentafel der Pampa de Castillo ist 5° OSO bis SO. Manchmal ist die Neigung ein bißchen stärker, manchmal schwächer. Im Osten und Norden vom Colhué-Huapi liegen die Schichten flach und dasselbe scheint auch in dem Tafelland westlich vom Lago Musters der Fall zu sein, in das ich nicht hinein gekommen bin, weil mich die Sümpfe des Rio Senguerr am Vordringen hinderten. Um von Norden aber hinein zu gelangen, war die Jahreszeit schon zu sehr vorgerückt; auch mußte ich den praktischen Zweck meiner Reise, das Petroleumvorkommen von Comodoro Rivadavia zu untersuchen und Wasser für diesen Hafenort zu suchen, im Auge behalten.

Im Norden des Lago Musters liegt eine Halbinsel, die eine Bucht abschnürt und aus den Tuffen, Tuffsandsteinen und Sandsteinen der Areniscas abigarradas besteht. Von Osten her trifft man zunächst auf weiße und grüne gut geschichtete Tuffe und Tuffsandsteine, die mit 5° O und etwas westlicher mit 10° O einfallen. Der Aufstieg auf das Hügelland der Halbinsel ist demgemäß sanft. Nach Westen hin fällt aber der Höhenzug sehr steil zur Nordwestbucht des Sees ab infolge der ganz scharfen Umbiegung, die die Schichten hier erlitten haben und die ebenso auffällig wie klar zu beobachten ist. Die Schichten streichen N 35° W und fallen 70 bis 80° W ein. Nach der Bucht zu legen sich die Tuffsandsteine flacher bis 55° W und das Streichen ändert sich bis N 25° W.

Das Profil 1 ist ein Querschnitt durch die Halbinsel. An diesen Sattel schließt sich in dem Hügel zwischen der Halbinsel und dem Cañadon Matasiete noch eine flache Mulde an (Profil 2). Die Achse dieser Falte läuft zum Cerro Castillo. Die Schichten streichen aber am Cerro Castillo von Nord nach Süd und sind im östlichen Flügel des Sattels bis zu 50° aufgerichtet.

An dieser Aufrichtung hat auch der Rest der Gabbrodecke teilgenommen, der den Gipfel und die Ostflanke des Berges bedeckt (Profil 3). Roth gab ja an, daß er nur Aufschleppung an den

1. Profil durch die Halbinsel des Lago Musters.

2. Profil durch die Hügel östlich vom Cañadon Matasiete.

3. Profil durch den Cerro Castillo.

1 Areniscas abigarradas (Sand, Sandstein, Tuffsandstein, Mergel, Ton), 1*a* gefrittete Schichten, 2 Gabbrodecke.

4. Profil durch das Steilufer des Lago Colhué-Huapi, etwa 5 *km* südlich von der Lagune am Südufer des Sees.

1 Tehuechisches Geröll, 2 Gabbro, 3 Pyrotherium-Astraponotus-Notostylops-schichten, 4 Pehuenchestufe, 5 hellgrauer Ton, fast ungeschichtet, möglichenfalls auch noch zur Pehuenchestufe gehörig.
Höhe 200 *m*, Länge 1500 *m*. Die Brüche sind stark übertrieben.

Durchbrüchen der Eruptivgesteine gesehen hätte. In dem von mir bereisten Gebiet habe ich aber die Gabbromassen immer nur als Decke entwickelt gefunden, aus mehreren übereinander liegenden Ergüssen hervorgegangen; da, wo es sich vielleicht um einen »Durchbruch« handeln könnte, wie am Pico Oneto, ist nichts darüber zu beobachten und liegen auch keine Falten

vor. Ich halte übrigens den mehr als 100 *m* mächtigen Gabbroklotz des Pico Oneto auch für einen Rest der großen Decke und nicht für einen Durchbruch, denn man sieht mehrfach die schlackigen basalen Lagen der einzelnen Ergüsse in der Masse des Gesteins.

Vom Gipfel des Cerro Castillo aus beobachtete ich, daß nach Westen hin Schichten liegen, die etwa N 55° O streichen und mit ungefähr 50° NW fallen. Das habe ich aber nur aus der Ferne gesehen, so daß hier ein Fehler nicht ganz ausgeschlossen ist.

Eine weitere Faltung sah ich am Cerro Chenques. Nördlich vom Berge fallen die Tuffsandsteine mit 3° WNW ein, aber schon wenig südlich davon haben sie ein Einfallen von 25° WNW bei Nordnordoststreichen. Auf dem Gipfel des Berges liegen die Schichten fast horizontal, fallen aber nach Westen immer steiler ein, im allgemeinen bis 15° W. Nach dem Colhué-Huapi zu fallen aber die Schichten sehr steil ab, mit 45° O. Wenn man den Höhenzug etwas nördlich vom Cerro Chenques kreuzt, so sieht man, daß das Einfallen der Schichten äußerst unregelmäßig ist, daß sie bis zur Senkrechten aufgerichtet sind, und es scheint sich hier um lauter Teilstücke von Falten zu handeln, deren Gesamtachse im nördlichen Teile der Falte in nordwestlicher Richtung verläuft, obwohl die Schichten, wie schon oben gesagt, teilweise sogar nordnordöstlich streichen. Brüche sind hier nicht vorhanden. Das ganze sieht aus, wie eine windschief verbogene Falte. 1 *km* nördlich und 2 *km* südlich vom Cerro Chenques[1] ist schon keine Spur mehr von Faltung zu sehen.

Am südwestlichsten Zipfel des Colhué-Huapi springt das Steilufer weit gegen den See vor. Hier liegt über der Pehuenchestufe die Gruppe der Notostylops-Astraponotus-Pyrotheriumschichten samt der aus mehreren Ergüssen bestehenden Gabbrodecke, die obersten Schichten der tonig-mergeligen terrestrischen Formationen sind gefrittet (wie auch am Cerro Castillo) und zum Teil rot gebrannt. Diese Schichten sind an einzelnen unbedeutenden Brüchen zum See abgesunken und

[1] Chenques (indianisch) = Begräbnisplatz.

die einzelnen Schollen haben dabei ein Einfallen von 15°, selbst 25° OSO erlangt. Die Brüche streichen nordnordöstlich, sind aber, wie gesagt, nur ganz unbedeutend und von geringfügiger Sprunghöhe. Etwas weiter südöstlich bemerkte ich in den Schichten der Pehuenchegruppe eine kurze nordnordöstlich streichende Aufsattelung von ganz geringer Ausdehnung, deren östlicher Flügel bis 40° OSO einfällt.

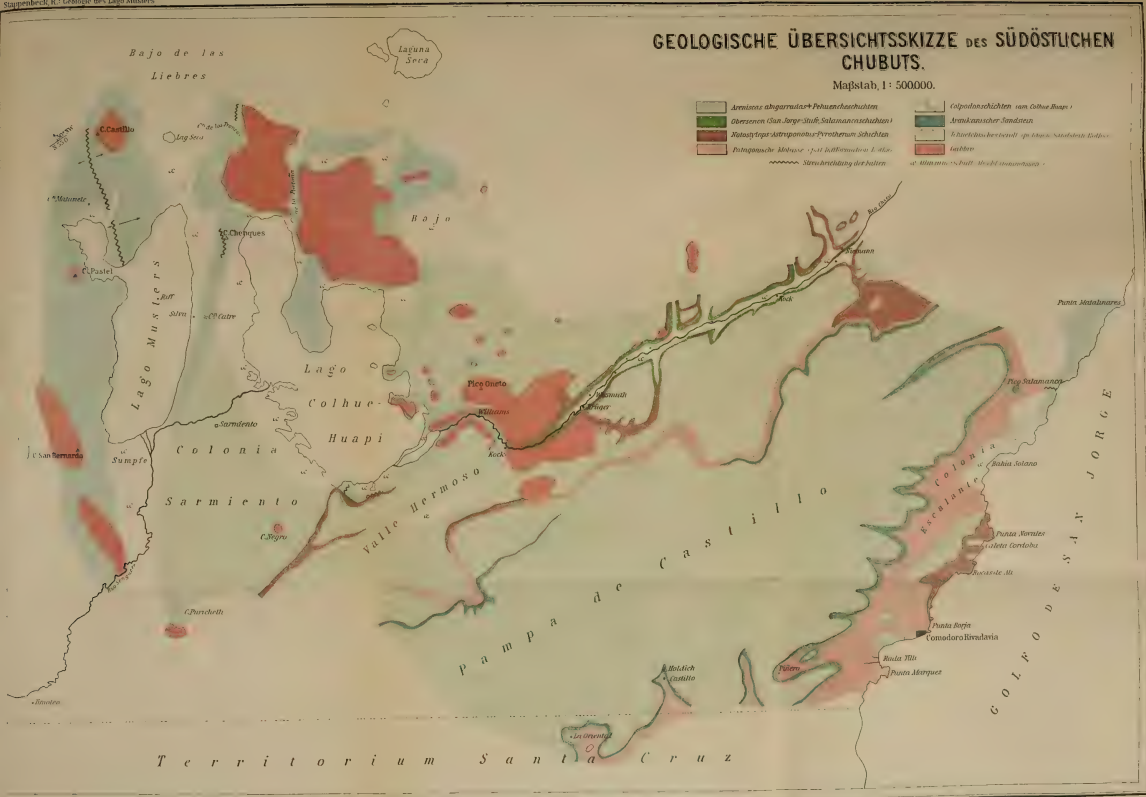
5 *km* südlich vom Südufer des Sees sind ebenfalls am Steilufer zwei Brüche von geringem Ausmaß vorhanden, an denen die Gabbrodecke, die hier sehr dünn ist (wohl nur durch Abtragung), samt den darunter liegenden Schichten abgesunken ist. Nach Norden schließt sich daran eine nahezu ostwestlich streichende Zone kleinerer Fältelungen der Pehuencheschichten (und Notostylopsschichten?); es kommen hier Einfallswinkel bis 65° vor. Auch diese Zone ist nur 2 bis 3 *km* lang.

Am Pico Salamanca fand ich in Schichten, die wahrscheinlich zur Pehuenchestufe zu rechnen sind, einen ganz kurzen Sattel, dessen Flügel sich nach den Seiten hin sehr schnell wieder flach legen und der N 55 bis 60° W streicht. Seine Länge beträgt noch keinen halben Kilometer. Möglichenfalls liegt auch das Petroleum von Comodoro Rivadavia, das in 520 bis 540 *m* Tiefe durch einen Zufall erbohrt worden ist, auf einem solchen kleinen Sattel, doch müssen darüber erst weitere Bohrungen Aufschluß geben.

Weitere Faltungen habe ich in dem ganzen Gebiete nicht gefunden.

Ich füge heute noch eine Photographie bei, die die Aufrichtung von Schottern (Einfallen nach Osten) in der Quebrada de la Punta del Agua bei Ullun, nordwestlich von San Juan zeigt. Ich habe Schotter bis zu 90° aufgerichtet und mit einer Schieferung unter 45° dazu bei Jachal gefunden.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.



Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXVII. Abth. I 1908.

Bemerkungen über den Zusammenhang von Blattgestalt und Lichtgenuß

von

J. Wiesner,

w. M. k. Akad.

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. Dezember 1908.)

In meinem Buche über den Lichtgenuß der Pflanzen[1] habe ich unter anderem auch die Beziehungen bestimmter Charaktereigenschaften der Gewächse (z. B. das spezifische Grün des Laubes der Pflanzen) und bestimmter physiologischer Erscheinungen (z. B. den Laubfall und die mykotrophe Ausbildung der Gewächse[2]) zum Lichtgenuß erörtert.

Eine ähnliche Beziehung soll auch in dieser Abhandlung dargelegt werden, nämlich das Verhältnis der Blattgestalt (Form und Größe) zum Lichtgenuß.

Auf dem Wege der Anpassung hat die Pflanze mannigfaltige Behelfe ausgebildet, um sich einen hohen Lichtgenuß zu sichern, d. h. im starken Lichte zu gedeihen.

Indem man sich diese Behelfe zu vergegenwärtigen versucht, wird man zunächst auf das Augenfälligste, nämlich auf jene zahlreichen Schutzeinrichtungen gelenkt, welche die Pflanze ausgebildet hat, um die Stärke des äußeren Lichtes beim Eintritt ins Innere der Organe zu verringern. Ich habe diese Einrichtungen, soweit sie zum Schutze des Chlorophylls

---

[1] Leipzig, Engelmann, 1907.

[2] Auf die Beziehung der mykotrophen Ernährung zum Lichtgenuß der Pflanzen hat zuerst Stahl die Aufmerksamkeit gelenkt. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 34 (1900).

der lebenden Pflanze dienen, vor längerer Zeit eingehend abgehandelt.[1] Diese Schutzeinrichtungen dienen auch der Regelung des Lichtgenusses; es ist ja doch selbstverständlich, daß eine Schutzeinrichtung, welche bewirkt, daß das Chlorophyll im Innern der Pflanze sich bei einer viel geringeren, aber passenderen Lichtintensität bildet als bei jener, welcher das betreffende Organ unmittelbar ausgesetzt ist, der Regelung des Lichtgenusses dienen muß.

Außer diesen Schutzeinrichtungen ist aber auch der succulente Charakter der grünen Vegetationsorgane, vor allem der Blätter, als ein Behelf der Pflanze anzusehen, einem hohen Lichtgenuß sich anzupassen, sofern diese succulenten Pflanzenteile, wie zuerst die Beobachtungen Askenasy's[2] gelehrt haben, die Fähigkeit besitzen, sehr hohe Temperaturen ohne wahrnehmbare Schädigung zu ertragen.

Auf diese Beziehungen zum Lichtgenuß gehe ich hier nicht weiter ein. Es handelt sich hier um eine andere, schon in den einleitenden Worten genannte Relation, um die Beziehung der Blattgestalt zum Lichtgenuß. Aber auch dieses Thema erfährt in dieser Abhandlung noch eine weitere Einschränkung, welche ich weiter unten genauer präzisieren werde.

Ehe ich zu diesem Gegenstand übergehe, erscheint es mir erforderlich, einige erläuternde Bemerkungen in den Vordergrund zu stellen.

Der Einfachheit der Darstellung halber will ich, abgesehen von einigen im Verlauf der Darstellung besonders zu erläuternden Daten, bloß den relativen Lichtgenuß im Auge behalten, also das Verhältnis des gesamten Tageslichtes zu jenem Lichtanteil, den eine bestimmte Pflanze oder ein bestimmtes Organ derselben auf dem natürlichen Standort empfängt.

Man unterscheidet gewöhnlich nur zwischen Maximum und Minimum des Lichtgenusses. Aus dem Maximum und Minimum gerechnete Mittel haben zumal bei weit auseinanderliegenden Grenzwerten keinen Wert. Man sieht deshalb gewöhn-

[1] Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der lebenden Pflanze. Festschrift der k. k. Zool.-botan. Ges. Wien (1876).

[2] Botan. Zeitung, 1875, p. 441.

lich von diesen Mittelwerten ab. Wichtiger wäre die Kenntnis des Optimums des Lichtgenusses; aber zur Ermittlung dieses Wertes wären zahlreiche Beobachtungen erforderlich, die bisher fast noch gar nicht vorliegen, während zahllose Beobachtungen über Maxima und Minima angestellt wurden. Da scheint es mir nicht unpassend, darauf hinzuweisen, daß für die in freier Exposition auftretenden Holzgewächse, also beinahe für alle unsere und überhaupt für die meisten Baumarten die Maxima sehr hoch liegen und gewöhnlich den höchstmöglichen Wert ($L = 1$) erreichen, hingegen die Minima sehr verschieden und für die Art oder Varietät charakteristisch sind. So ist z. B. das Maximum des relativen Lichtgenusses für *Larix decidua* und *Acer platanoides* = 1, aber das Minimum des ersteren Baumes = $^1/_5$, das des letzteren $^1/_{55}$.[1] Bei solchen Gewächsen wird also rücksichtlich des Lichtgenusses auf das Minimum mehr zu achten sein als auf das Maximum.

Für die nachfolgende Betrachtung ist es nicht unwichtig, sich auch zu vergegenwärtigen, auf welche Weise das Minimum des Lichtgenusses zustande kommt. Es geschieht dies entweder durch die Beleuchtungsverhältnisse des Standortes ohne jede Mitwirkung des Laubes der eigenen Pflanze oder innerhalb bestimmter Grenzen der Stärke des äußeren Lichtes durch die Beschattung vermittels des eigenen Laubes.

Der erstere Fall tritt immer ein, wenn die Blätter der Pflanze sich gegenseitig nicht beschatten, sei es infolge ihrer geringen Zahl, sei es ihrer Form halber. Am deutlichsten ist dieser Fall ausgeprägt bei Pflanzen, welche nur ein oder nur zwei Laubblätter ausbilden.

Der zweite Fall ist der häufigere, findet sich beispielsweise bei allen Holzgewächsen. Im allgemeinen kann man sagen, daß das Vermögen der Blätter, auf das Licht normal zu reagieren, desto größer ist, je weiter die Grenzen des Lichtgenusses gelegen sind. Wenn aber die Grenzen des Lichtgenusses weit auseinander rücken, so ändert sich sehr häufig der Charakter

[1] Die beiden oben angegebenen Minima beziehen sich auf Niederösterreich und auf geringe Seehöhen; mit zunehmender geographischer Breite und steigender Seehöhe ändern sich, wie ich schon vor längerer Zeit nachgewiesen habe, die Minima.

der Blätter um: ein Teil des Laubes bildet sich in Form von Sonnenblättern, ein andrer Teil in Form von Schattenblättern im Sinne Stahl's aus oder, wie meine Untersuchungen lehrten, ein Teil der Blätter wird panphotometrisch, der andere euphotometrisch.[1] Im großen ganzen sind die Sonnenblätter panphotometrisch und die Schattenblätter euphotometrisch. Doch kann man die korrespondierenden Begriffe nicht einfach identifizieren. Erst spätere Untersuchungen werden die genauen Grenzen zwischen diesen anatomischen und physiologischen Typen zu ziehen haben. Aber das ist ja ersichtlich, daß sowohl Sonn- und Schattenblätter als auch euphotometrische und panphotometrische sich gewöhnlich morphologisch voneinander unterscheiden. Wie die bekannten Untersuchungen von Stahl lehrten, differieren die Sonnenblätter von den Schattenblättern im anatomischen Baue und, wie ich zeigte, unterscheidet sich das euphotometrische Blatt von dem panphotometrischen: das erstere breitet seine Spreite in einer senkrecht zum stärksten einfallenden diffusen Lichte stehenden Ebene aus, um dieses möglichst ökonomisch ausnützen zu können; letzteres richtet sich aber derart, um wenigstens einen Teil des direkten Sonnenlichtes abzuwehren und zugleich einer möglichst großen Menge des diffusen Lichtes teilhaftig zu werden. Es wird diese Doppelleistung gewöhnlich durch Aufrichtung der Blatthälften in der Längsrichtung oder durch Konkavwerden der Blattoberseite erreicht; seltener bleibt die Spreite flach und nur die vertikale Aufrichtung des Blattes bewirkt dann die spezifische Lage zum direkten und diffusen Tageslicht.

Die Regel ist also, daß die Gestalt des Blattes je nach der Höhe des Lichtgenusses einen spezifischen Charakter annimmt und daß dieser morphologische Charakter auch seine ganz bestimmte Beziehung zu der unter dem Einfluß der Beleuchtung stehenden Funktion des Blattes hat.[2]

---

[1] Über die Formen der Anpassung der Laubblätter an die Lichtstärke. Flora, Bd. XIX (1899).

[2] In die Kategorie dieser morphologischen, im Dienste der Lichtregulierung stehenden Ausbildung sind auch jene Einrichtungen, beziehungsweise Erscheinungen zu stellen, welche ich schon früher (Ber. der Deutschen bot. Gesellsch.,

Doch das sind Dinge, die meine schon früher veröffentlichten Untersuchungen klar gemacht haben, die ich hier nur in einem anderen Zusammenhang vorbrachte.

In dieser Schrift handelt es sich aber um andere, bisher nicht berücksichtigte morphologische Züge, nämlich um das Verhältnis des Blattvolumens zum Lichtgenuß.

Dieses Verhältnis wird sich besonders in jenem außerordentlich häufig vorkommenden, schon oben kurz charakterisierten Fall äußern, in welchem das Minimum des Lichtgenusses durch das eigene Laub der betreffenden Pflanze bedingt oder mitbedingt wird, also vor allem bei allen Laub- und Nadelbäumen und bei den meisten Sträuchern. Auch nicht wenige Stauden und krautartige Pflanzen, also man kann wohl sagen: die meisten beblätterten Gewächse gehören in diese Kategorie, also zu denjenigen Pflanzen, welche ich hier als sich selbst beschattende Gewächse zusammenfassen möchte.

Auf Grund reicher Erfahrung stelle ich folgenden Satz auf: Je weiter die Zerteilung des Laubes eines sich selbst beschattenden Gewächses reicht, desto höher ist in der Regel das Lichtgenußminimum eines solchen Gewächses gelegen. Unter Laubzerteilung verstehe ich alle auf Kleinheit der als Assimilationsorgane fungierenden Laubelemente abzielenden morphologischen Ausbildungen, also Kleinheit der Blätter, Phyllokladien und Phyllodien, Zerteilung der Blätter durch Fiederung, Fiederschnittigkeit u. dgl. m.

Wenn hier von »Kleinheit« der Blätter und überhaupt der Laubelemente gesprochen wird, so ist hierunter, genauer genommen, von der Kleinheit des Volumens die Rede, welche nach einer Dimension hin auch mit einer beträchtlichen Länge des betreffenden Objektes verbunden sein kann. Ich erinnere an die fadenförmige oder nadelförmige Ausbildung der Blätter, welche so außerordentlich häufig anzutreffen ist, z. B. bei den meisten Nadelbäumen. Physiologisch handelt es sich, wie ich näher zeigen werde, um das Verhältnis der Oberfläche zum körperlichen Inhalt des Organs. Es ist ganz klar, daß ein

---

Bd. XX (1902), Generalversammlungsheft, I, p. 84, und im »Lichtgenuß«, p. 89 ff.) als »Lichtraumnutzung« zusammenfaßte.

langes nadelförmiges Blatt wegen der Kleinheit seines Querschnittes im Vergleich zu seinem körperlichen Inhalt eine große Oberfläche besitzen muß, also, kurz ausgedrückt, als ein kleinvolumiges Organ bezeichnet werden darf.

Man wird deshalb obigen Satz in folgende präzisere Form bringen können: Je kleiner das Volumen der Laubelemente eines sich selbst beschattenden Gewächses ist, desto höher liegt in der Regel das Lichtgenußminimum einer solchen Pflanze.

Daß die oben genannte Beziehung zwischen Blattgestalt und Lichtgenuß reichlich und offensichtlich ausgeprägt ist, wird jeder zugeben, der über Pflanzenkenntnis verfügt und die Lebensweise der Gewächse aufmerksam verfolgt hat. In Details hier einzugehen, würde zu weitläufig sein, weshalb ich nur einige allgemeine Erfahrungen vorbringen und den Zusammenhang von Kleinblättrigkeit, beziehungsweise weitgehender Zerteilung, zusammengesetzter und weitgehender Zerschneidung einfacher (fiederschnittiger oder ähnlicher) Blätter aus allgemeinen Gesichtspunkten hier schildern will.

Vergleicht man zunächst die Nadelbäume mit den Laubbäumen, so fällt auf, daß wenigstens im großen ganzen die ersteren mit hohem Lichtgenuß die Ausbildung von »Nadeln«, also von langen, dünnen Blättern verbinden und daß die überwiegende Mehrzahl der Laubbäume ein niederes Lichtgenußminimum aufweist und durch größere, breitere Blätter ausgezeichnet ist. Freilich gibt es da mehrfache, aber stets wohlverständliche Ausnahmen. Um nur von den bekanntesten und auffälligsten Ausnahmsfällen zu sprechen, erwähne ich von Nadelbäumen *Ginkgo biloba* mit seinen breiten Blättern und unter den Laubbäumen z. B. *Tamarix gallica* oder die in den Tropen kultivierten »Schattenbäume, z. B. *Albizzia moluccana* Miq.[1] Diese Fälle widersprechen aber durchaus nicht der oben aufgestellten Regel, da das Lichtgenußminimum von *Ginkgo* sehr niedrig gelegen ist, schon etwa dem der Buche nahekommt, während die genannten »Laubbäume« ein außer-

[1] Wiesner, Photom. Untersuchungen, II. Diese Sitzungsberichte, Bd. 104 (1895), p. 668.

ordentlich hohes Lichtgenußminimum aufweisen, welches mit Kleinblättrigkeit verbunden ist.

Der Lichtgenuß von *Tamarix gallica* wurde noch nicht ermittelt; es kann aber kaum einem Zweifel unterliegen, daß das Minimum des Lichtgenusses dieses Holzgewächses sehr hoch gelegen ist, möglicherweise noch das der Lärche übertrifft. Für *Albizzia moluccana* wurde konstatiert, daß der mittlere relative Lichtgenuß dieses Baumes $^1/_{2\cdot 8}$ beträgt und sowohl das Minimum als das Maximum nur wenig von diesem Werte abweichen.[1] Nach den von mir in Java angestellten Beobachtungen dürfte das Minimum bei $^1/_3$ liegen, also höher als bei den meisten bisher beobachteten Coniferen, was ja auch für *Tamarix gallica* gelten dürfte.

Die krautartigen Gewächse anlangend, möchte ich zunächst auf die Annuellen hinweisen, welche, wie ich nachgewiesen habe, in der Regel durch einen hohen Lichtgenuß ausgezeichnet sind.[2] Unter diesen sind allerdings viele, bei welchen eine Beschattung durch das eigene Laub nicht in Betracht kommt. Diese sind eo ipso kleinblättrig; aber selbst unter jenen Annuellen, welche ein sich beschattendes Laub besitzen, ist, sofern sie ein hohes Lichtgenußminimum besitzen, dieses mit weitgehender Laubzerteilung verbunden.

Auch unter den biennen und perennierenden Gewächsen, ferner unter den Halbsträuchern wird man leicht solche finden, bei welchen Kleinblättrigkeit oder feine Zerteilung des Laubes einem hohen Lichtgenuß parallel laufen. Ich erinnere an die gewöhnlichen *Fumaria*-, *Adonis*- und *Delphinium*-Arten, ferner an *Thesium*, *Dianthus* und *Gypsophila*, an die kleinblättrigen amerikanischen Spezies von *Aster*, an *Erica*- und *Epacris*-Arten usw.

Vergleicht man Pflanzen, welche einem bestimmten Verwandtschaftskreis angehören, aber einen verschiedenen Lichtgenuß besitzen, so wird man in der Regel finden, daß ein hohes Lichtgenußminimum mit Kleinblättrigkeit oder mit weitgehender Zerteilung des Laubes einhergeht.

---

[1] Wiesner, l. c., p. 669.

[2] Lichtgenuß, p. 256 und 282.

Ich wähle als Beispiel zunächst die Umbelliferen. Die lichtbedürftigsten Pflanzen dieser Familie, z. B. *Anethum graveolens, Foeniculum officinale, Trinia vulgaris*, haben ein aufs feinste zerschnittenes Laub, während die typisch schattenständige *Sanicula officinalis* eine vergleichsweise breit entwickelte Blattspreite besitzt. Diese letztere Pflanze gehört allerdings nicht mehr in die Kategorie der sich selbst beschattenden Gewächse. Aber es ist wohl leicht einzusehen, daß eine auf schattigem Standort auftretende Pflanze, welche trachten muß, das ihr nur spärlich zufließende Licht möglichst auszunützen, und dementsprechend den euphotometrischen Charakter annimmt, durch Ausbildung einer geschlossenen Blattspreite einen größeren Vorteil erzielt als durch eine wie immer geartete Blattzerteilung.

Als weiteres Beispiel wähle ich unsere gewöhnlichsten *Plantago*-Arten, welche ich nach aufsteigendem Lichtgenußminimum ordne: *Plantago media, major, lanceolata, maritima* und *arenaria*. Man sieht hier einen in die Augen springenden Parallelismus zwischen der Höhe des Lichtgenußminimums und der Laubzerteilung im obigen Sinne.

Alle diese *Plantago*-Arten können wohl noch in die Kategorie der Pflanzen mit sich selbst beschattendem Laube gestellt werden, aber die Selbstbeschattung kann auch sehr eingeschränkt sein, ja bei gewissen Formen kann die Selbstbeschattung auch ganz fehlen. Ich habe eine solche Form von *P. major* früher einmal in ganz anderem Zusammenhang beschrieben. Sie kommt auf sehr sonnigen Standorten vor und ist auffallend kleinblättrig.[1] Die Tendenz zur Verkleinerung der Blattspreite mit zunehmender Höhe des Lichtgenußminimums ist also hier klar ausgesprochen. Diese Tendenz äußert sich hier, ob überschattendes Laub vorkommt oder nicht, und insbesondere scheint mir die Tatsache von Interesse, daß eine auf außergewöhnlich lichtstarkem Standort vorkommende Form der im großen ganzen doch schattenliebenden *P. major* klein-

[1] Über die Beziehung der Stellungsverhältnisse der Laubblätter zur Beleuchtung. Berichte der Deutschen botan. Gesellsch., Bd. XX, Generalversammlungsheft, p. 89 (1902).

blättrig wird und zugleich sich so ausgebildet hat, daß keine Überschattung durch die eigenen Blätter vorkommt.

Solche Beispiele ließen sich noch in großer Zahl anführen. Doch ich will hier nicht mit Details ermüden, sondern gehe gleich zu der prinzipiell wichtigen Frage über: Welche Vorteile erwachsen der durch hohen Lichtgenuß ausgezeichneten Pflanze durch die Kleinblättrigkeit und überhaupt durch eine weitgehende Laubzerteilung?

Um eine brauchbare Basis zur Beantwortung dieser Frage zu gewinnen, erscheint es zunächst erforderlich, das Problem zu vereinfachen, indem man von der Voraussetzung ausgeht, daß die Anordnung der Blätter an der zu vergleichenden Pflanze die gleiche ist, nicht nur mit Rücksicht auf die Richtung, sondern auch bezüglich der Dichtigkeit der Anordnung der Blätter. Unter dieser Voraussetzung muß es einleuchten, daß das überschattende Laub zu dem überschatteten desto mehr Licht zutreten läßt, je kleiner die Blätter sind oder je weiter die Laubzerteilung reicht. Je reichlicher aber das Licht den durch das Laub der eigenen Pflanze beschatteten Blättern zufließt, desto geringer ist die Einschränkung der Beschattung und desto höher der mittlere Lichtgenuß und insbesondere das Minimum des Lichtgenusses. Große Blätter überschatten das tiefer stehende Laub in hohem Maße und unter den obigen Voraussetzungen muß bei Pflanzen mit großblättrigem Laube das Minimum des Lichtgenusses stark herabgesetzt werden. Die Großblättrigkeit an sich entscheidet indes noch nicht über die Höhe des Lichtgenusses. Bei hoher Resistenz gegen die Wirkung des Lichtes kann Großblättrigkeit mit weit auseinander liegenden Grenzen des Lichtgenusses verbunden sein, wofür zahlreiche Laubbäume als Beispiele angeführt werden können.

Um den Einfluß der Kleinblättrigkeit auf die Stärke des durchgelassenen Lichtes zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, verglich ich die Stärke des Schattenlichtes eines Tannensprosses mit dem eines Blattes von *Convallaria majalis*, dessen Umriß ziemlich genau mit dem des Tannensprosses in Übereinstimmung sich befand. Die Blätter des letzteren waren genau euphotometrisch, lagen also in einer und derselben Ebene, welche

senkrecht stand zur Richtung des stärksten diffusen Lichtes des dem Sprosse zugeteilten Lichtareals. Während des Versuches (Baden bei Wien, 10. August, 12^h m., $B_0 S_{3-4}$, also bei fast gänzlich unbedeckter Sonne) herrschte hohe Lichtintensität. Die chemische Lichtintensität betrug nämlich 1·084. Der Schatten des *Convallaria*-Blattes war noch in einer Entfernung von 3·5 *m* von einer weißen Papierfläche, auf welche er projiziert wurde, zu sehen, während der Schatten des Tannensprosses schon in einer Entfernung von 1·5 *m* fast gar nicht mehr erkannt werden konnte. In einer Entfernung von 1 *m* betrug die chemische Lichtintensität im Schatten des Tannensprosses 0·913, im Schatten des *Convallaria*-Blattes hingegen bloß 0·601. Da in beiden Fällen das allgemeine diffuse Licht die Lichtintensität verstärkte, so mußte, um das reine Schattenlicht des *Convallaria*-Blattes und das des Tannensprosses festzustellen, die Intensität des diffusen Himmelslichtes in Abzug gebracht werden. Da die Stärke des diffusen Tageslichtes zur Beobachtungszeit 0·521 betrug, so war

die Stärke des Schattenlichtes des
Convallaria-Blattes ..... = 0·601 − 0·521 = 0·080,

die Stärke des Schattenlichtes des
Tannensprosses ..... = 0·913 − 0·521 = 0·392.

Aus diesem Beispiel ist zu ersehen, wie sehr die Kleinheit der Blätter den Durchgang des Lichtes zu dem überschatteten Laube befördert.

Indem ich daran gehe, zu prüfen, inwieweit die Kleinheit der Blätter und überhaupt die Laubzerteilung den Zutritt des diffusen Tageslichtes und des direkten Sonnenlichtes zu dem überdeckten Laube regelt, muß ich der von mir zuerst konstatierten Tatsache gedenken, daß für die vom Licht abhängigen Lebensprozesse das diffuse Tageslicht von viel größerer Bedeutung ist als das direkte Sonnenlicht, welches in der Regel von der Pflanze mehr abgewehrt als angenommen wird und selbst in jenen Fällen, in welchen es physiologisch faktisch zur Geltung kommt (z. B. im hocharktischen oder im alpinen Gebiet oder bei der Knospenentfaltung und Laub-

entwicklung unserer Holzgewächse[1]), sich in seiner Wirkung nur dem Grade nach vom diffusen Lichte unterscheidet.

Die Kleinheit des Laubes, beziehungsweise die Laubzerteilung befördert den Zutritt des diffusen Lichtes, was sich am auffälligsten bei besonders kleinen, wenn auch langgestreckten Blättern zeigt, bei welchen gewöhnlich der flächenförmige Charakter des Blattes verloren gegangen ist und die Tendenz zur Ausbildung konzentrischen Baues vorherrscht. Ich erinnere da zunächst an die Nadeln der *Pinus*-Arten, woselbst die Assimilationsgewebe in mehr oder minder scharf ausgeprägter konzentrischer Anordnung ausgebildet ist. Das diffuse Licht kann hier von allen Seiten eindringen, eine bestimmte Lage eines solchen Blattes zur Richtung des stärksten diffusen Lichtes kommt da gar nicht vor, ein solches Blatt ist eben aphotometrisch[2] und geht mit dem Lichte ganz verschwenderisch um, während ein flächenförmiges Blatt, insbesondere ein euphotometrisches Blatt, sich senkrecht auf das stärkste diffuse Licht des ihm zugewiesenen Lichtareals stellt, also das Licht auf das vollkommenste ausnutzt. Während bei den Nadeln der Föhre das auf die Flanken des Blattes fallende Licht noch Arbeit leistet, hat das Seitenlicht, welches auf die Kanten des euphotometrischen Blattes auffällt, für diese Organe gar keine Bedeutung.

Das euphotometrische Blatt ist gewöhnlich groß und bei reichblättrigen Gewächsen muß dasselbe zur Einschränkung des Lichtgenusses führen, zur Herabsetzung des Lichtgenußminimums, da es dem Vordringen des diffusen Lichtes in die Tiefe des Laubes naturgemäß ein großes Hindernis in den Weg legt.

Man darf es also wohl aussprechen, daß die Kleinblättrigkeit oder, allgemein gesagt, eine weitgehende Laubzerteilung bei Pflanzen mit sich selbst beschattendem Laube dem Zutritt des für das Pflanzenleben

---

[1] Wiesner, Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse. Diese Sitzungsberichte, Bd. 113 (1904).

[2] Wiesner, Anpassung des Laubblattes etc., Flora, 1899.

so wichtigen diffusen Lichtes zu den tieferen Laubschichten nur ein geringes Hindernis entgegenstellt. Hauptsächlich hierauf beruht ja, wie wir gesehen haben, die Höhe des Lichtgenußminimums von Pflanzen mit kleinblättrigem oder feinzerteiltem Laube.

Es geht aber auch aus den oben gegebenen Auseinandersetzungen hervor, daß bei Pflanzen mit sich selbst beschattendem Laube das Lichtgenußminimum desto tiefer liegen muß, je größer die Blätter sind und je stärker der euphotometrische Charakter der Blätter ausgeprägt ist, da solche Blätter dem Vordringen des diffusen Lichtes in die Tiefe des Laubes ein großes Hindernis in den Weg legen.

Was nun die Beziehung des direkten Sonnenlichtes zur Beleuchtung von Pflanzen mit kleinblättrigem oder feinzerteiltem Laube anlangt, so ist dies ein verwickelter Gegenstand, den ich in dieser kleinen Abhandlung nicht näher erörtern kann. Meine diesbezüglichen Studien sind schon fast ganz abgeschlossen und ich werde alsbald in einer Abhandlung »Über die Veränderungen des direkten Sonnenlichtes beim Eintritt in die Laubkrone der Bäume und in die Blattmassen anderer Gewächse« diesen in biologischer Beziehung sehr interessanten und gewiß auch nicht unwichtigen Gegenstand behandeln. Hier kann ich nur die auf unsere Frage Bezug nehmenden Endresultate meiner Untersuchungen vorführen.

Das direkte Sonnenlicht wirkt in den in Rede stehenden Gewächsen in verringertem Maße, indem es in der Laubmasse mehrfache, prinzipiell verschiedene, die Lichtstärke abschwächende Veränderungen erfährt. Ein Teil des direkten Lichtes geht durch die kleinen Löcher hindurch, welche durch Blattränder, Blattstiele und Stengel gebildet werden, und wird insofern modifiziert, als diese Löcher als Öffnungen einer sogenannten Lochkamera fungieren und Sonnenbilder erzeugen, welche nur zum geringen Teile auf den Boden fallen, zum größeren Teile auf das unterhalb des Loches der Lochkamera befindliche Laub projiziert werden. Vom Loche dieser Kamera nimmt die Lichtstärke gesetzmäßig ab und, wenn das Loch sehr klein ist, genau im umgekehrt quadratischen Verhältnis der Entfernung

von diesem.[1] Während das in breiten Massen in das Laub einstrahlende Sonnenlicht seine volle Intensität beibehält, wird das durch die Löcher hindurchgehende Sonnenlicht desto schwächer sein, je kleiner die Löcher sind und je tiefer es in die Laubmasse eindringt.

Aber noch eine andere Veränderung des einstrahlenden direkten Lichtes macht sich im Laube der von der Sonne bestrahlten Pflanzen bemerkbar, nämlich eine an den Flächen und Rändern der Blätter vor sich gehende Zerstreuung des Sonnenlichtes, welche eine Vermehrung des den umgebenden Blättern zuströmenden diffusen Lichtes bedingt.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß die Kleinblättrigkeit oder, allgemeiner gesagt, die feine Laubzerteilung der betreffenden Pflanze nicht nur einen reichlicheren Zufluß von diffusem Licht sichert, sondern daß das in ein solches Laub einstrahlende direkte Sonnenlicht in einer für das Pflanzenleben vorteilhaften Weise seiner großen Intensität beraubt wird.

Wenn auch, wie wir gesehen haben, bei Pflanzen mit sich selbst beschattendem Laube die Großblättrigkeit das Minimum des Lichtgenusses herabsetzen muß, und zwar besonders bei euphotometrischem Charakter des Blattes, so stehen diesen Gewächsen doch auch andere gegenüber, welche selbst trotz Großblättrigkeit auf hohen Lichtgenuß angewiesen sind, die also gewissermaßen eine Ausnahme der vorgeführten Regel bilden. Es sind dies die großblättrigen Succulenten, z. B. *Aloë*-Arten, *Agave americana* etc. Aber diese Ausnahmsfälle sind doch verständlich. Erstlich bringt es der succulente Charakter dieser Pflanzen mit sich, daß sie hohe Erwärmung ertragen und sich deshalb gegen zu große Strahlung nicht zu schützen brauchen. Ihre Blätter werden nicht wie die Blätter vieler Laubgewächse zum Schutze gegen zu große Strahlung panphotometrisch, noch weniger sind sie zu euphotometrischer Ausbildung geneigt. Die Dicke der Blätter dieser Pflanzen bringt

[1] Lichtgenuß, p. 167.

es mit sich, daß sie ähnlich wie die Föhrennadeln, wenn auch in viel geringerem Grade, auch seitliches Licht mit Vorteil aufnehmen. Diese Blätter sind aber nicht aphotometrisch wie die Föhrennadeln, aber doch nur in sehr geringem Grade photometrisch (oligophotometrisch).

In biologischer Beziehung sind die Vorteile, welche eine weitgehende Laubzerteilung und die damit verbundene Verminderung des Blattvolumens rücksichtlich der Wärmeverhältnisse der Assimilationsorgane der betreffenden Pflanzen darbietet, wohl zu beachten.

Je kleiner das Blatt ist oder je weiter seine Zerteilung reicht, desto größer wird unter sonst gleichen Umständen seine Ableitung der Wärme und seine Wärmeausstrahlung sein, desto leichter wird die Durchstrahlung vor sich gehen und desto geringer wird die Wärmeabsorption ausfallen.

Einerseits die große Oberfläche kleiner Körper im Vergleich zum körperlichen Inhalt, andrerseits die geringe Substanzmenge solcher Körper, welche die Durchstrahlung sehr erleichtert, lassen schon von vornherein annehmen, daß die Laubzerteilung sich als ein um so größerer Wärmeschutz für die Assimilationsorgane erweisen wird, je weiter diese Zerteilung reicht, also je kleiner und zarter diese Organe sind und dementsprechend je höher ihr Lichtgenuß ist.

Zur Verdeutlichung dieser bisher kaum beachteten Schutzeinrichtung dienen die nachfolgend mitgeteilten Versuche, denen ich nur wenige erläuternde Bemerkungen voranzustellen habe. Sowohl rücksichtlich dieser Bemerkungen als der vorzubringenden Versuche kann ich mich kurz fassen, da ich über den Zusammenhang zwischen der Größe des Blattes und seinen Wärmezuständen bei Bestrahlung durch die Sonne bereits an einer anderen Stelle mich ausführlich geäußert habe.[1]

Es hat sich herausgestellt, daß sehr zarte, insbesondere linear gestaltete Pflanzenteile, in die Brennfläche[2] einer von

[1] Berichte der Deutschen botan. Gesellsch., 1908.

[2] Da keine punktförmige Lichtquellle, sondern die Sonne wirksam war, so erscheint an Stelle des Brennpunktes das Sonnenbild als Brennfläche. Der Durchmesser dieser Brennfläche beträgt zirka 1·5 *mm*, was sich aus der Formel $D = f \times 0{\cdot}0093$ berechnet; f = Brennweite der Linse, D = Durchmesser des Sonnenbildes.

der Sonne bestrahlten Sammellinse gebracht, der Entzündung einen Widerstand entgegensetzen, welcher den Beobachter geradezu in Erstaunen setzen muß. Worin dieser Widerstand begründet ist, wurde bereits angedeutet und wird weiter unten noch näher erläutert werden.

Aus meinen zahlreichen Versuchen hebe ich nur die wichtigsten hervor und gehe überhaupt nur so weit in dieselben ein, als es mir erforderlich erscheint, um den in der Kleinheit der Organe begründeten Wärmeschutz zu veranschaulichen.

Es wurde eine plankonvexe Sammellinse von 7 *cm* Durchmesser und 16·5 *cm* Brennweite an einem sonnigen Morgen aufgestellt, in die Brennfläche dieser von der Sonne beleuchteten Linse ein dicht gefügtes Bündel von 50 frischen Grannen des *Hordeum murinum* von Zeit zu Zeit auf einige Augenblicke gebracht und zugewartet, bis die Strahlung der Sonne so stark geworden war, daß dieses Bündel sich sofort entzündete. Es trat dies ein bei einer Sonnenhöhe von 26° 49′, wobei das Casella'sche Radiationsthermometer 27·3° C. und ein im Schatten aufgestelltes Thermometer 19·5° anzeigte. Unmittelbar darauf wurde in die Brennfläche der Sammellinse ein gleichfalls dicht gefügtes, aus 25 frischen Grannen bestehendes Bündel gebracht. Es dauerte aber 3 bis 4 Sekunden, bis dasselbe sich zu entzünden begann. Nun wurde eine einzelne Granne in die Mitte der Brennfläche eingeführt, welche unter diesen Verhältnissen sich gar nicht entzündete, nicht einmal ankohlte. Die Dicke einer solchen Granne beträgt im Mittel bloß 0·14 *mm*, hatte begreiflicherweise eine im Vergleich zum körperlichen Inhalt sehr große Oberfläche, leitete also die Wärme sehr stark ab und besaß zweifellos auch eine außerordentlich leichte Durchstrahlbarkeit.

Ähnlich so fielen die Versuche mit den feinen fadenförmigen Phyllokladien von *Asparagus plumosus* aus, welche etwa denselben Durchmesser hatten. Auch diese grünen Organe konnten unter den gegebenen Strahlungs- und Temperaturverhältnissen nicht zur Entzündung gebracht werden, obgleich ein Sproß dieser Pflanze in eine kleine Flamme, z. B. eines Zündhölzchens, gebracht, sofort verbrennt und eine feine weiße Asche zurückläßt.

Unter den gleichen Verhältnissen der Temperatur und der Strahlung brennen Blätter der Myrte, Phyllokladien von *Ruscus aculeatus* in wenigen Sekunden durch, selbst wenn sie in frischem Zustand in die Brennfläche der Sammellinse gebracht werden.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, daß bei sehr hoher Strahlungswärme, gegeben durch große Sonnenhöhen, endlich auch die Grannen von *Hordeum murinum*, die Phyllokladien von *Asparagus plumosus* und schließlich wohl alle Pflanzenteile, welcher Art sie sein mögen, sich entzünden werden, wenn sie in die Brennfläche der Sammellinse gebracht werden. Dies tut aber den oben mitgeteilten vergleichenden Versuchen selbstverständlich keinen Abbruch.

In der oben genannten Abhandlung wurden noch andere Versuche vorgeführt, welche aber im wesentlichen zu den gleichen Resultaten führten, daß der Wärmeschutz der Pflanzenorgane desto größer ist, je kleinere Dimensionen die betreffenden Organe haben. Nur einen höchst merkwürdigen Versuch möchte ich noch anführen. Die etwa 0·05 *mm* im Durchmesser haltenden Bastzellen der *Boehmeria tenacissima* — als Chinagras oder Ramie technisch verwendet und nunmehr wohlbekannt — wurden zu einem etwa 2 *mm* dicken Strang zusammengedreht und in die Brennfläche der Linse (bei 24° Sonnenhöhe, 29° Strahlungswärme und einer Lufttemperatur von 14·5° C.) gebracht, wo der Strang sofort anbrannte. Dieser Strang bestand, wie die nachträgliche Zählung lehrte, aus mehr als 800 Bastzellen. Eine einzelne Bastzelle — es wurde ein etwa 3 *cm* langes Stück in die Brennfläche gebracht — entzündete sich selbst nach 20 Minuten nicht. Die außerordentlich rasche Ableitung der Wärme in Verbindung mit einer durch den minuziösen Querschnitt bedingten leichten Durchstrahlbarkeit erklärt dieses merkwürdige Verhalten.

Aus diesen Versuchen läßt sich ableiten:

1. daß eine weitgehende Laubzerteilung infolge der hier zur Geltung kommenden großen Oberfläche der Organe im Vergleich zu ihrem körperlichen Inhalt die Ableitung der durch Bestrahlung bedingten Wärme dieser Organe befördert;

2. daß die durch den kleinen Querschnitt dieser Organe bedingte große Diathermanität derselben — oder, allgemeiner gesagt, deren außerordentlich leichte Durchstrahlbarkeit — die Erwärmungsfähigkeit solcher Pflanzenorgane stark herabsetzt.

Hauptsächlich durch das Zusammenwirken dieser beiden Umstände genießen die betreffenden Organe einen großen Wärmeschutz. Da aber gerade die einen hohen Lichtgenuß aufweisenden Gewächse eines solchen Schutzes besonders bedürftig sind, so ist einzusehen, daß eine weitgehende Laubzerteilung gerade für Pflanzen mit hohem Lichtgenuß besonders vorteilhaft ist.

Die hohe Bedeutung der großen Oberfläche der Blätter im Vergleich zu ihrem körperlichen Inhalt für die Wärmezustände der Pflanze geht aus den vorgeführten Versuchen und den daran geknüpften Auseinandersetzungen mit großer Deutlichkeit hervor.

Im allgemeinen wird dieses Verhältnis schon durch die blattartige Gestalt[1] der Laubelemente bedingt und durch ihre Kleinheit nur noch begünstigt. Die Einschränkung der Erwärmung ist aber bei den Organen der Kohlensäureassimilation erforderlich, da an sich das grüne Blatt nur wenig diatherman ist und zudem durch den von mir zuerst nachgewiesenen Umsatz von Licht in Wärme durch das Chlorophyll[2] dem grünen Laubblatt eine reiche Quelle der Wärme geöffnet wird, welche nur durch besondere Einrichtungen zum Wärmeschutz ungefährlich gemacht werden kann.

Es gedeihen aber auch mit sehr kleinen Blättern versehene Pflanzen auf schattigen Standorten. Dieser Fall scheint mit den eben angeführten Sätzen, denen zufolge ein hohes Lichtgenußminimum mit weitgehender Laubzerteilung verbunden ist, im Widerspruch zu stehen. Dies trifft aber nicht zu, vielmehr ist auch dieser Fall ganz verständlich.

---

[1] Siehe nachträgliche Anmerkung p. 1273.

[2] Über den Einfluß des Lichtes und der strahlenden Wärme auf die Transpiration der Pflanze. Diese Sitzungsberichte, Bd. 79 (1876).

Ich möchte diesen Fall zunächst bezüglich der Moose (Laubmoose und beblätterte Lebermoose), die ja stets durch außerordentliche Kleinblättrigkeit ausgezeichnet sind, näher erörtern. Es ist zweckmäßig, hier zwischen Moosen, welche auf sonnigen, und solchen, welche auf tiefschattigen Standorten vorkommen, zu unterscheiden. Was die ersteren anlangt, so ist der hier bestehende Zusammenhang zwischen Kleinblättrigkeit und Lichtgenuß genau so zu verstehen, wie in dem gewöhnlichen oben erörterten Falle. In betreff der letzteren möchte aber doch zu erwägen sein, daß sie sehr lichtempfindlich sind und durch starke Beleuchtung leicht Schaden leiden; denn in starkem Sonnenlicht gehen sie zugrunde und verschwinden bei Abholzung des Waldes, in dessen Schatten sie lebten. Da aber selbst in tiefschattigen Wäldern zeitweise Sonnenlicht eindringt, so erscheinen solche Moose durch die Kleinheit ihres Laubes gegen die schädigende Sonnenstrahlung geschützt.

Es scheint mir aber auch sehr beachtenswert, daß die Blätter der Moose, welche auf tiefschattigen Standort angewiesen sind, einen anderen photometrischen Charakter an sich tragen als die Blätter jener Moose, welche auf sehr sonnigen Plätzen vorkommen. Eingehende Untersuchungen hierüber habe ich nicht vorgefunden und ich selbst machte nur einige gelegentliche einschlägige Beobachtungen.

Die Blätter der Sonnenmoose sind gewiß nie euphotometrisch; ob sie aphotometrisch oder panphotometrisch sind, wurde bisher nicht untersucht. Es wäre sehr wünschenswert, wenn die Moose nach dieser Richtung einer eingehenden Prüfung unterworfen werden würden. Auf die knospenartige Zusammendrängung der Blätter von *Funaria hygrometrica* und an die infolge dichter Stellung der Blätter kätzchenförmige Ausbildung der stark beleuchteten Sprosse von *Bryum argenteum* in ihrem Verhältnis zur Beleuchtung habe ich schon vor längerer Zeit hingewiesen.[1] Nach Abbildungen, die ich von *Brachythecium paradoxum* (Hook. fil. et Wils.) Jacq. gesehen habe, halte ich dieses Moos für aphotometrisch.

[1] Wiesner, Die natürl. Einricht. zum Schutze des Chlorophylls (1876), p. 41.

Diesen Sonnenmoosen kommt die Kleinblättrigkeit zugute, sofern die relativ großen Oberflächen die Wärmeableitung sehr begünstigen werden. Der zumeist dichte Stand der Blätter der Sonnenmoose wird diese Wärmeableitung allerdings einigermaßen verringern, aber auch die Lichtwirkung auf die beschatteten Blätter vermindern. Diese Verminderung kann indes wegen der Kleinheit der ganzen Sprosse nicht viel austragen. Die Sonnenmoose verhalten sich also ähnlich wie andere reich-, aber kleinblättrige Pflanzen.

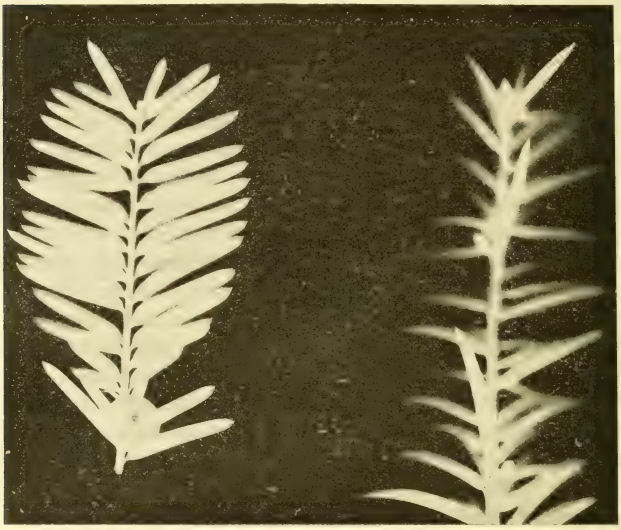
Anders die Schattenmoose. Bei diesen ist die Tendenz der Blätter zur euphotometrischen Ausbildung jedenfalls sehr ausgesprochen. Was die Bryologen in den Beschreibungen der Moose als »flachrasig« oder »verflacht beblättert« bezeichnen, ist auf laterale Anordnung euphotometrischer Blätter zurückzuführen: die kleinen Blättchen legen sich in einer Ebene aneinander und so verhält sich ein Sproß ähnlich so wie ein einzelnes größeres Blatt, welches für sich das Licht sehr ökonomisch ausnützt, ohne für die Beleuchtung der tiefer liegenden Blätter zu sorgen. Die Kleinblättrigkeit dient also hier keineswegs der Förderung der Beleuchtung der Pflanzen und wird für diese nur dann als Wärmeschutz in Betracht kommen, wenn diese allerdings sehr lichtempfindlichen Schattenmoose von der Sonne getroffen werden sollten.

Das Verhältnis der Kleinblättrigkeit der Moose zu ihrem Lichtgenuß wird sowohl in Rücksicht auf die Sonnen als auf die Schattenmoose nach den eben vorgeführten Auseinandersetzungen wohl verständlich geworden sein.

Ich möchte nun durch ein Beispiel zeigen, wie selbst ein und dasselbe kleinblättrige Gewächs sich den gegebenen Lichtverhältnissen anpaßt und im Maximum des Lichtgenusses sich anders als im Minimum des Lichtgenusses verhält. Ich wähle als Beispiel die Eibe *(Taxus baccata)*.

Die Eibe gedeiht im vollen Sonnenlicht, hat aber wie die Tanne ein sehr niederes Lichtgenußminimum. Im Sonnenlicht stehende Sprosse stellen ihre Nadeln nicht senkrecht auf das stärkste diffuse Licht, sondern es richten sich die letzteren so auf, daß sie starkem Sonnenlicht ausweichen, aber doch noch so gestellt sind, um viel diffuses Licht aufnehmen zu können;

sie sind panphotometrisch. Die mit solchen Blättern besetzten Sprosse haben die Fähigkeit, viel Licht durchstrahlen zu lassen, welches den tiefer stehenden Blättern zugute kommt. Aber die tief schattenständigen Sprosse richten ihre Blätter in eine Ebene, welche senkrecht zum stärksten einfallenden Lichte



A *B*

Sprosse von *Taxus baccata*. *A* ein euphotometrischer, *B* ein panphotometrischer Sproß. Die Abbildungen erfolgten durch Auflegen der Sprosse in starkem gemischten Lichte auf lichtempfindliches Papier, darauffolgendes Abheben der Sprosse und schließliches Fixieren. Es soll zur Anschauung gebracht werden, wie viel Licht der panphotometrische und wie wenig der euphotometrische Sproß hindurchläßt.

steht, sie sind euphotometrisch. Dabei legen sich die Nadeln in der gedachten Richtung so nahe aneinander, daß nur sehr wenig Licht nach unten hindurchgehen kann; der Sproß verhält sich also fast so wie ein geschlossenes Blatt vom Umriß der Sprosse. Für sich treibt ein solcher Sproß die größte Lichtökonomie, aber die unter ihm liegenden Sprosse ziehen aus

dem durchgegangenen Lichte keinen Gewinn und, wenn sie nicht seitliches Licht empfangen, so gehen sie zugrunde (siehe beistehende Figur).

Um nicht mißverstanden zu werden, möchte ich ausdrücklich zugestehen, daß die Kleinblättrigkeit oder eine weitgehende Laubzerteilung der Pflanze auch andere Vorteile bieten kann als jene, welche wir rücksichtlich des Lichtgenusses eben erörtert haben. Ich will ein höchst auffälliges Beispiel anführen und wähle absichtlich einen Fall, der mit der dargelegten Beziehung zwischen Laubzerteilung und Lichtgenuß im Widerspruch zu stehen scheint. Zahlreiche Pflanzen mit schwimmendem und zugleich submersem Laube bilden sich sehr häufig in der Weise aus, daß die schwimmenden Blätter eine geschlossene, oft sehr große Spreite entwickeln, während die untergetauchten auf das feinste zerschnitten erscheinen. Diese Formunterschiede stehen mit der obigen Regel geradezu in Widerspruch, denn hier fällt die größere Lichtmenge den großen, eine geschlossene Spreite bildenden, dazu auf der Wasserfläche horizontal ausgebreiteten, gerade der wirksamsten, vom Zenit ausgehenden Beleuchtung ausgesetzten Blättern zu, während die schwächer beleuchteten, untergetauchten Blätter fein zerteilt sind. Es kann also hier gar keinem Zweifel unterliegen, daß die Schwimmblätter stark, die untergetauchten trotz ihrer weitreichenden Zerteilung schwach beleuchtet sind. Die Laubzerteilung dient zweifellos bei diesen Wasserpflanzen ausschließlich oder doch vorwiegend einem anderen Zwecke; es wird wohl von der Pflanze auch die durch Laubzerteilung hervorgebrachte, relativ große Oberfläche ausgenützt, aber im wesentlichen wohl in anderer Weise als bei feinblättrigen Landpflanzen. Am nächsten liegt die Annahme, daß durch diese Formverhältnisse die Atmung unterstützt wird: die Menge des im Wasser absorbierten Sauerstoffs (zirka 2%) im Vergleich zur Menge des Sauerstoffs in der Atmosphäre (21 Volumprozent) setzt die Atmung der unter Wasser getauchten Pflanzenteile außerordentlich herab und in der Vergrößerung der Oberfläche dieser Organe ist ein Behelf zu erblicken, die Atmungsgröße zu heben. In einem gewissen Grade mag die Blattzerteilung auch hier dazu dienen, den betreffenden submersen Organen etwas mehr Licht zu-

zuführen. Die zarten faserförmigen Blattgebilde haben auch hier die flächenförmige Gestalt verloren und vermögen deshalb ein Licht von der verschiedensten Einfallsrichtung aufzunehmen. Hieraus ziehen sie wohl desto mehr Nutzen, als sie durch ihre Lage zum Horizont und durch das Auftreten unter Wasser rücksichtlich der Beleuchtungsverhältnisse den Schwimmblättern gegenüber im Nachteil sind.[1]

Zusammenfassung der wichtigeren Ergebnisse.

1. Eine weitgehende Laubzerteilung (Kleinblättrigkeit, weitgehende Fiederung oder Fiederschnittigkeit der Laubblätter), welche zur Ausbildung kleinvolumiger Assimilationsorgane führt, bedingt im Verein mit der Form und Anordnung der Blätter das Zustandekommen eines hohen Lichtgenußminimums.

2. Bei Bäumen und überhaupt bei der großen Zahl jener Gewächse, welche mit einem Teile ihres Laubes sich selbst beschatten, ist in der Regel das Minimum des Lichtgenusses desto höher, je kleiner das Volumen der Blätter sich darstellt.

3. Die kleinvolumigen Blätter dieser Gewächse sind gewöhnlich nadel- oder fadenförmig ausgebildet. Im großen ganzen fällt auch den Coniferen ein hohes Lichtgenußminimum zu. Die Ausnahmen sind durchaus verständlich. So kommt allerdings der bekannten Salisburya *(Ginkgo biloba)* ein sehr niedriges Lichtgenußminimum zu, aber die Blätter dieser Conifere sind nicht nadelförmig wie die der gewöhnlichen »Nadelbäume«, sondern normal blattförmig. Auch die Eibe ist durch ein niederes Lichtgenußminimum ausgezeichnet; aber ihre schattenständigen Blätter sind euphotometrisch und breiten sich, dicht aneinander gedrängt, in einer Ebene aus, so daß der einzele beschattete

[1] Warming spricht sich in seinem Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie (deutsche Übersetzung aus dem Dänischen, 2. Aufl., Berlin 1902, p. 163) über die physiologische Bedeutung der feinen Zerteilung submerser Blätter folgendermaßen aus: »Die fein geteilten Blätter passen gut zu dem Medium, indem ihre Oberfläche größer geworden und dadurch die Nahrungsaufnahme, vermutlich auch die Lichtwirkung begünstigt worden ist. Die Wasserbewegungen lassen kaum größere Flächen zu.«

Sproß beinahe wie ein einzelnes breites Blatt dem stärksten diffusen Lichte gegenübersteht, wie dieses dem Vorwärtsdringen des diffusen Lichtes in größere Tiefen der Baumkrone eine Grenze setzt und deshalb behilflich ist, das Minimum des Lichtgenusses dieses Baumes herabzudrücken.

4. Die Kleinblättrigkeit oder, allgemeiner gesagt, die feine Laubzerteilung sichert den betreffenden Pflanzen nicht nur einen reichlichen Zutritt von diffusem Lichte; es wird auch das in ein solches Laub einstrahlende Sonnenlicht in einer für das Pflanzenleben vorteilhaften Weise seiner großen Intensität beraubt.

5. Weitgehende Laubzerteilung bewerkstelligt infolge der dabei zur Geltung kommenden großen Oberfläche der Organe im Vergleich zum körperlichen Inhalt eine rasche Wärmeableitung. Die durch den kleinen Querschnitt bedingte große Diathermanität — oder, allgemeiner gesagt, außerordentlich leichte Durchstrahlbarkeit — setzt die Erwärmungsfähigkeit solcher Organe tief herab. Hauptsächlich durch das Zusammenwirken dieser beiden Umstände genießen die kleinvolumigen Organe einen hohen Wärmeschutz, welcher für die betreffenden Assimilationsorgane desto vorteilhafter sein muß, je höher ihr Lichtgenuß gelegen ist.

Nachträgliche Anmerkung (zu p. 1267).

Während des Druckes dieser Abhandlung erschien in der Botanischen Zeitung (Leipzig, 15. Dezember 1908) eine höchst interessante Abhandlung des Herrn Prof. Molisch, worin der Nachweis geliefert wird, daß sich normale Blätter (z. B. von Buche, Birnbaum, *Robinia*), wenn sie in Massen beisammen sind, selbsttätig, nämlich ohne Mitwirkung von Mikroorganismen auf hohe Temperaturen erhitzen (bei Birnbaum von 15 auf 59° C.). Offenbar sind die verminderte Wärmeableitung und die Unterdrückung der Transpiration die Hauptursachen, weshalb sich dichtgefügte Blattmassen im Vergleich zu den normal an der Pflanze befindlichen so stark, nämlich in manchen Fällen sogar über die Tötungstemperatur hinaus, erwärmen können.

Molisch drückt dies in seiner Abhandlung folgendermaßen aus (l. c. p. 215). Solange das Blatt mit der Mutterpflanze in Verbindung steht, tritt eine so hohe Temperatur wie beim massenhaften Beisammensein der Blätter nicht ein, da ja für die Ableitung der Wärme in ausgezeichneter Weise gesorgt ist. Molisch gelangte also, allerdings auf einem ganz anderen Wege wie ich, zu dem gleichen Resultate, daß nämlich schon die flächenförmige Gestalt des Blattes (infolge der relativ großen Oberfläche) an sich in hohem Maße bei der natürlichen Wärmeregulierung dieser Organe beteiligt ist.

Über die Einwirkung von Radium- und ultravioletten Strahlen auf die Mineralfarben

von

C. Doelter,
k. M. k. Akad.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. Dezember 1908.)

Ich gebe in dieser Mitteilung die Fortsetzung meiner Studien über die Einwirkung von Radiumstrahlen auf die Farben der Edelsteine (siehe Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CXVII, Abt. I, 1908).

Es wurden weitere Versuche mit einem Radiumpräparat von 1 *g* Radiumchlorid und mit einem zweiten, schwächeren, ein halbes Gramm Chlorid haltigen, durch 3, beziehungsweise $1^1/_2$ und 1 Monat ausgeführt. Herrn Prof. Dr. F. Exner, sowie Herrn Prof. St. Meyer bin ich für die Erlaubnis zur Benützung der Radiumpräparate zu Dank verpflichtet.

Im Anschluß an die Bestrahlungsversuche mit Radium wurden weitere Versuche mit Stoffen gemacht, die sich in einer Sauerstoff-, beziehungsweise Stickstoffatmosphäre befanden, ferner Versuche über die Stabilität der durch Radium erzeugten Färbungen bei Temperaturerhöhung, sowie bei Erhitzen in Stickstoff und Sauerstoff ausgeführt und auch in Wasserstoffsuperoxyd die Körper eingetaucht.

Endlich wurden sowohl unveränderte Mineralien als auch durch Radium veränderte der Einwirkung ultravioletter Strahlen ausgesetzt.

Bezüglich der Literatur über die Mineralfarben verweise ich auf eine Arbeit von W. Hermann: »Über die Einwirkung

oxydierender und reduzierender Gase auf die Färbung einiger Minerale.[1]

Seither erschien auch eine Arbeit von K. Simon,[2] in welcher einige Versuche über Radiumbestrahlung angeführt sind, wobei nur 10 *mg* Radiumbromid angewendet wurden. Es fällt, wenn man die Angaben verschiedener Beobachter, die 3 *mg*, 10 *mg*, 30 *mg*, 60 *mg* zur Verfügung hatten, während ich ein ganzes Gramm benützte, auf, daß der Einfluß der Menge kein so großer ist als man annehmen könnte und daß die Resultate nahezu dieselben sind. Dagegen scheint der Einfluß der Zeit ein bedeutenderer zu sein. Bei zu kurzer Einwirkung ist auch bei starken Präparaten die Veränderung gering.

Bezüglich Phosphoreszenz bemerkte ich, daß diese nach 12 Stunden, nachdem die Objekte aus der Radiumkassette herausgenommen waren, nicht mehr auftrat.

I. Färbungen durch Radiumstrahlen.

Grüner Diamant.

Ein grüner, brasilianischer Diamant, 16^l bis 17^l, war vom 6. Juli bis 14. Oktober mit dem starken Radiumpräparat behandelt worden und wurde nur wenig verändert, etwas mehr blaugrün und heller, 16^{p-o}.

Ein zweiter, ähnlicher Diamant von demselben Fundorte war am 6. Juli bis 14. Oktober mit demselben Präparat bestrahlt worden; er wurde von 16^n zu 15^n, also mehr reingrün. In der Folge ist, wo nichts anderes bemerkt wurde, das stärkere Präparat gemeint.

Die beiden Diamanten wechseln also ihre Farben in verschiedenem Sinne.

Gelber Diamant.

Gelber Diamant vom Kap war bei den früheren Versuchen fast gar nicht verändert worden, auch dieses Mal vom 6. Juli bis 14. Oktober war die Veränderung keine große, nämlich von 6^n bis 6^l—7^s; immerhin ist die Färbungsintensität eine etwas größere, wenn auch immerhin noch minimale.

---

[1] Zeitschr. für anorg. Chemie, 1908, Bd. 60.

[2] N. Jahr. für Mineralog., 26. Beil. Bd., 1908, 260.

Künstlicher Rubin.

Ein von Frémy hergestellter Rubin wurde vom 6. Juli bis 14. Oktober immerhin eine Spur dunkler, von 25^{g} bis 25^{h}; die dunklere Färbung ist aber äußerst gering.

Ein Rubin, von der deutschen Edelsteingesellschaft hergestellt, bleibt ganz unverändert 24^{n} bis 25^{n} (Beobachtungszeit vom 7. November bis 5. Dezember mit schwächerem Radiumpräparat).

Rubin.

Ein Violettrubin von Ceylon war vom 14. Oktober bis 5. Dezember mit dem schwächeren Radiumpräparat behandelt worden und war weniger violett und blässer, 26^{e} gegen 25^{i}, geworden.

Ein Rubin vom Ural war vom 21. Oktober bis 5. Dezember mit dem schwächeren Präparat bestrahlt worden, er war wenig verändert, aber doch etwas merklich violett, mehr blutrot, von ursprünglich 24^{i} bis 25^{i} zu 25^{k} bis 26^{l}.

Saphir.

Obgleich schon seit längerer Zeit bekannt ist, daß Saphir gelb wird, so war es doch notwendig, zu untersuchen, ob dies eine allgemeine Eigenschaft des Saphirs ist, respektive welche Saphire sie zeigen und welche nicht. Es wurden daher von verschiedenen Fundorten Saphire untersucht.

Ein Saphirkrystall von Ceylon (Nr. 1), mit der für diesen Fundort charakteristischen Form, war vom 6. Juli bis 14. Oktober der Einwirkung von 1 *g* Radiumchlorid ausgesetzt und zeigte wesentliche Änderung von 18^{r} hellblau zu gelbbraun.

Ein Saphir von demselben Fundort, Nr. 2, war in derselben Zeit wenig verändert, 18^{m-n} zu 18^{k-l}, also nur wenig dunkler, aber nicht gelb geworden.

Ein tiefdunkelblauer Saphir von der Iserwiese (Nr. 3) war vom 6. Juli bis 14. Oktober ganz unverändert.

Ein Saphir von Miasc, Nr. 4, blaugrün, 16^{e-f}, war vom 14. Oktober bis 16. November gelbgrün geworden, 14^{n-m}, auch heller.

Ein blauer Saphir von Ceylon, Nr. 5, 18°, war vom 6. Juli bis 14. Oktober zu 18^k verändert, also nur dunkler geworden.

Ein kleiner, blauer Saphir vom Ural, Nr. 6, wurde vom 21. Oktober bis 5. Dezember von 20^k zu 20^n. Ein anderer (Nr. 7) von demselben Fundort wird von 20^n gelb mit einzelnen blauen Flecken.

Zwei Bruchstücke eines blauschwarzen Saphirs vom Ilmengebirge (Ural), Nr. 7, waren ebenfalls nur wenig verändert, obgleich die meisten Uraler Saphire gelb werden. Sie waren vom 21. Oktober bis 5. Dezember mit dem schwächeren Radiumpräparat behandelt worden und wurden von 18^k bis 19^k zu 18^{k-l}, also kaum verändert.

Nicht viel verändert waren zwei Bruchstückchen eines dunklen Saphirs, Nr. 8, von Ashville (Nordamerika), die vom 16. November bis 5. Dezember mit demselben Präparat behandelt worden waren; die ursprüngliche Farbe 20^f wird zu 18^f.

Ein Saphir von Montana, Nr. 9, grünblau, 16^p bis 15^p, war etwas mehr verändert worden, indem er zu 13^p wird, also gelblichgrün, er war mit dem schwächeren Präparat vom 14. November bis 5. Dezember bestrahlt worden.

Wir sehen also, daß Saphire sich verschieden verhalten und daß sogar verschiedene Teile eines und desselben Krystalls verschieden sind, immerhin zeigen die meisten Saphire mit Ausnahme der dunklen Neigung zum Gelbwerden; es scheint also weniger der Fundort als die Intensität der Farbe von Wichtigkeit zu sein.

Zirkon (Hyazinth), $ZrSiO_4$.

In meiner ersten Mitteilung über diesen Gegenstand hatte ich angegeben, daß dunkler Hyazinth von Ceylon sich nur wenig verändert. Anders verhält sich die Sache, wenn man Hyazinth vorher glüht und dann den Radiumstrahlen aussetzt. Beim Glühen verhält sich Zirkon sehr verschieden, je nachdem man den Luftzutritt ermöglicht oder je nachdem man in reduzierenden Gasen glüht. Ich kann hierin die Ansicht Simon's nicht ganz teilen; allerdings ist richtig, daß das Endresultat schließlich dasselbe ist, aber die Reaktionsgeschwindigkeit ist

in beiden Fällen verschieden; im ersten Falle geht die Entfärbung schon bei 700° ziemlich rasch vor sich, im zweiten Falle mußte ich bei dem genannten Zirkon von Espailly, trotzdem nur ein winziges Krystall genommen wurde, durch 2 Stunden bis 1200° erhitzen. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß sich verschiedene Hyazinthe verschieden verhalten.

Ein brauner Zirkon, 2^h, wurde nach starkem Glühen zwar nicht vollständig entfärbt, aber hellbräunlich, 2^i. Dieser entfärbte Zirkon war vom 21. Oktober bis 5. Dezember mit dem schwachen Radium behandelt worden und wurde zu 2^h, also dunkelbraun, wie früher vor dem Glühen.

Simon (l. c.) erhielt mit seinem schwachen Radiumpräparat schon nach wenigen Stunden rotbraune Färbung.

Grüner Zirkon.

Graugrüner Zirkon von Ceylon, 15°, wurde vom 6. Juli bis 14. Oktober bestrahlt, die Farbe wird 11^l bis 36^k, also etwas dunkler und mehr gelblichgrün, die Veränderung ist gering.

Ein blaugrüner Zirkon von Ceylon wurde in derselben Zeit viel mehr blau (vgl. Mitteilung I).

Flußspat.

Es wurden Flußspäte verschiedener Farben und auch solche verwendet, die durch Erhitzen bei zirka 300° farblos geworden waren.

Blaugrüner Flußspat, Nr. 1, von Appenzell wurde nach 4 Tagen von 16^z bis 17^z zu 16^g bis 17^g, also viel intensiver blaugrün gefärbt. Er blieb noch über 3 Monate, vom 10. Juli bis 14. Oktober, exponiert und erhielt dann die noch dunklere Färbung 18^c, man sieht aber, daß er in dieser langen Zeit sich weniger veränderte als in den ersten 4 Tagen, daß also die Veränderung nicht proportional mit der Zeit fortschreitet, sondern sich bald stark verlangsamt.

Fluorit Nr. 2 von Appenzell, blaßgrün, 17^{r-s}, war vom 21. Oktober bis 16. November mit dem schwächeren Radiumpräparat behandelt worden und zeigte dunkelblaugrüne Farbe.

Derselbe Fluorit, durch Erhitzen farblos geworden, wird vom 21. Oktober bis 16. November zu 20^{i}, blau (schwächeres Präparat).

Ein ebenfalls entfärbter Fluorit, Nr. 3, aus Tirol, wird vom 6. Juli bis 14. Oktober 14°, grün.

Tiefvioletter Flußspat wird, wie aus Mitteilung I, p. 828, hervorgeht, nicht weiter entfärbt, anders verhalten sich hellviolette und durch Erhitzen farblos gewordene dunkelviolette Flußspäte.

Blaßvioletter Fluorit Nr. 4 von Schlaggenwald wird vom 14. Oktober bis 16. November grünlichblau, 17^{p}, gegen 22^{i} ursprünglich.

Violetter Fluorit von Derbyshire, Nr. 5, durch Erhitzen entfärbt, war vom 21. Oktober bis 16. November mit dem schwächeren Radiumpräparat bestrahlt worden; er wurde zu 21^{g}, während er vor dem Erhitzen 22^{i} war, also sehr wenig verschieden, er ist aber etwas dunkler geworden.

Zwei Bruchstücke von violetter Farbe des Fluorits Nr. 4 waren erhitzt worden; sie hatten noch eine Spur von violettem Stich beibehalten; nach derselben Expositionszeit waren sie stark blaugrün, 18^{n-m}.

Ein anderer entfärbter Fluorit, Nr. 4, war zu 21^{n} geworden in derselben Zeit, also mehr violett (schwaches Präparat).

Ein gelber Fluorit (Nr. 6) von Freiberg war von 6^{r-s} zu 18^{z}, also von gelb zu grünlichblau verändert, derselbe war mit dem starken Radiumpräparat vom 6. Juli bis 14. Oktober bestrahlt worden.

Gelber Fluorit, Nr. 6, war durch Erhitzen farblos geworden und wurde mit dem schwächeren Präparat vom 21. Oktober bis 16. November bestrahlt und nahm die Färbung 16^{c-d} an; das Bruchstück hatte die ursprüngliche Farbe 7^{q-z} gehabt und war sehr dunkel geworden.

Rosa Flußspat vom Gotthard, Nr. 7, war durch Glühen entfärbt worden, nach Bestrahlung mit dem stärkeren Radiumpräparat vom 6. Juli bis 14. Oktober war er 24^{p}, purpurrot, geworden.

Vergleicht man die verschiedenen Resultate an Fluoriten, so ergibt sich zumeist eine bläulichviolette oder blaugrüne

Färbung als Endresultat. Die farblosen oder durch Glühen farblos gewordenen Fluorite verändern sich stärker, werden also dunkler als die farbigen. Letztere schienen erst durch die Einwirkung des Radiums ihre Färbung ohne Änderung der Farbenintensität zu ändern.

Gelber, blauer und violetter Flußspat scheinen am leichtesten die blaugrüne Färbung anzunehmen, während rosa Fluorit mehr violett wird und nicht blaugrüne Farbe annimmt. Rein tiefvioletter von Derbyshire erleidet keine Veränderung mehr (Mitteilung I, p. 829). Entfärbte Fluorite werden schneller und intensiver gefärbt.

Smaragd ($Be_3 Al_2 Si_6 O_{18}$).

Ein Exemplar vom Habachtal (Nr. 1) erlitt trotz der langen Bestrahlung vom 6. Juli bis 14. Oktober nur eine ganz unmerkliche Veränderung von 16^l bis 15^{l-n}, mehr rein grün.

Smaragd vom Ural (Nr. 2), 15^m bis 16^m, ist während derselben Zeit eine Spur dunkler geworden, 15^l bis 16^l.

Smaragd vom Ural (Nr. 3), 15^m, ist ebenfalls dunkler geworden, 15^i.

Im Vergleich zu meinen früheren Angaben (Mitteilung I, p. 832) ist trotz der sehr langen Bestrahlungsdauer keine größere Veränderung zu beobachten gewesen.

Ein Smaragd vom Habachtal (Nr. 4) war durch 30 Minuten bei Weißglut (zirka 1100°) geglüht worden, er wurde zu $15^{n\ m}$, hatte also, da er früher $16^{l\ n}$ war, nur eine ganz geringfügige Änderung erlitten. Das Glühen hatte im Tiegel stattgefunden, wobei das Mineral mit den reduzierenden Gasen der Flamme in Berührung kam, welchem Umstand ich die geringe Einwirkung beim Erhitzen zuschreibe.

Dieser Smaragd war vom 6. Juli bis 14. Oktober eingelegt worden und veränderte sich von 15^n bis 16^m zu 15^l bis 16^n und war also eine Spur heller geworden.

Kuntzit ($LiAlSi_2O_6$).

Ein Bruchstück eines fast farblosen Kuntzits mit minimalstem violetten Stich zeigte nach einer Radiumeinwirkung vom 6. Juli bis 14. Oktober eine grüne Färbung, 14^r, und war

also auch der Intensität nach stärker gefärbt; einen ähnlichen Fall erwähnte ich in der ersten Mitteilung. Der durch Erhitzen in Sauerstoff farblos gemachte Kuntzit zeigte nach 36 Tagen eine intensive bläulichgrüne Färbung.

Turmalin.

Es wurden eine Anzahl von Versuchen mit Turmalinen von Elba, die, mit Ausnahme von Nr. 3, mehrere Farben an verschiedenen Teilen besaßen, ausgeführt.

Turmalin Nr. 1, sogenannter »Mohrenkopf«, mit schwarzem Ende, ist fast farblos mit gelblichem Stich. Er wird vom 14. Oktober bis 16. November dem stärkeren Präparat exponiert und zeigt dann eine zartrosa Farbe: 24^{l}. Das schwarze Ende ist unverändert.

Turmalin Nr. 2 zeigt drei Farben und ist ein prismatischer, dreieckiger Krystall mit Endfläche; an diesem Ende ist er $^1/_2\,mm$ dick blauschwarz, hierauf folgt ein rosenfarbener Teil, 35^{q}, dann am entgegengesetzten Ende ein zart orangefarbener, 5^{l}. Nach Einwirkung vom 6. Juli bis 14. Oktober zeigt letzterer Teil eine braune Farbe, der mittlere Teil ist stärker rosa geworden, 27^{m}, der blauschwarze unverändert.

Ein farbloser Turmalin (Nr. 3) von Elba war, wie die Nummern 4 bis 9, vom 21. Oktober bis 5. Dezember mit dem schwächeren Radiumpräparat behandelt worden, er wurde 2^{u}, eine Spur orangegelb, die Änderung ist minimal.

Ein Turmalin (Nr. 4) war an einem Ende rot, 25^{r}, am anderen blau, 20^{m}, dazwischen farblos. Die farblose Schichte verschwand und es waren nur zwei verschieden gefärbte Teile mehr, der eine rot, 25°, also dunkler, die andere etwas heller blau, 20°.

Ein Turmalin (Nr. 5) war an dem einen Ende grünlich, 12^{s}, am anderen schwärzlichblau, dazwischen weiß. Auch diese weiße Schicht verschwand, es blieb eine grüne Schicht, 9^{e}, die also dunkler geworden war und die unveränderte schwärzlichblaue.

Ein Turmalin (Nr. 6), an einem Ende gelb, 11^{s}, am anderen fast farblos, in der Mitte hellgelb, zeigte nach Bestrahlung am gelben Ende 9^{l}, also viel dunkler gelb, am anderen 30^{l}, violett.

Ein Turmalin (Nr. 7), an dem einen Ende mit schwarzer Kappe, am anderen violettgrau, 19^{l} bis 20^{l}, ist in der Mitte am schwarzen Ende dunkelrosa, 24^{m}, am anderen hellrosa, 20^{q}, die Kappe bleibt schwarz, das andere Ende wird zu 40^{l}. Das hellrosa wird 29^{q}, wenig verändert, der dunkelrosafarbene Teil 24^{m}, wird 23° bis 42^{m}, auch wenig verändert.

Ein Turmalin (Nr. 8), gelblich, 10^{r-s}, mit schwarzblauer Kappe, wird violett, 23^{r}, das blaue Ende ist wenig verändert, ganz unten, am entgegengesetzten Ende, ist er auch gelblich, 9^{q}.

Ein Turmalin (Nr. 9), mit dunkelblauem Ende, 19^{n}, ist in der Mitte farblos und am anderen Ende olivengrün, 10^{r-s}, er wird am letzteren gelb, 9^{q}, in der Mitte rosa, 23^{s}, am blauen Ende blässer, 19°.

Die Turmaline Nr. 3 bis 9, Geschenke des Dr. Cornu, stammen von Elba und waren vom 27. Oktober bis 5. Dezember bestrahlt worden (schwächeres Präparat).

Thulit ($HCa_2Al_3Si_3O_{13}$).

Thulit von Lexwick, manganhaltig wird vom 6. Juli bis 14. Oktober nur wenig verändert, von 27^{n} wird er 29^{l}, also ganz wenig heller und mehr karmin.

Uwarowit blieb in derselben Zeit ganz unverändert.

Piemontit (Manganepidot).

Piemontit von St. Marcel ist nur etwas heller geworden, ohne die Farbenart zu ändern. Die ursprüngliche Farbe war 32^{b}, sie wird zu 32^{d}, im ganzen also keine bedeutende Änderung vom 6. Juli bis 14. Oktober.

Violan (Manganaugit).

Dieses Vorkommen von St. Marcel hat die Farbe 20^{l} und hat sich nicht merklich verändert.

Atakamit [$Cu_2Cl(OH)_3$].

Atakamit von Neuseeland hatte seine dunkelgrüne Farbe nicht verändert, auch war er wie früher glänzend und hat also keine Verwitterung mit Wasserverlust stattgefunden. Die Einwirkung von Radium hatte vom 14. Oktober bis 16. November gedauert.

Schwefel von Girgenti.

Dieses Mineral wird fast gar nicht verändert, aber etwas trübe, möglicherweise ist das durch eine Oxydation verursacht; am 14. Oktober war die ursprüngliche Farbe 8^{s-t}, am 16. November 9^{s}.

Eisenvitriol.

Ein kleiner, grüner Krystall von Eisenvitriol war bereits nach 4 Tagen zu einem sehr hellgrünen Pulver unter Wasserverlust zerfallen, es trat also ein ähnlicher Verwitterungsprozeß auf wie bei Chromalaun (Mitteilung I, p. 837).

Ein Schichtkrystall von Cobaltsulfat mit einer Hülle von grünem Eisensulfat war nach Bestrahlung vom 14. Oktober bis 16. November nur wenig verändert. Der Versuch wurde hauptsächlich in der Absicht hergestellt, um bei diesen chemisch verschiedenen Schichten auch eine etwaige Diffusion im festen Zustand zu prüfen. Es zeigt sich, daß dort, wo Sprünge sind, die grüne Farbe in die violette eingedrungen ist, aber auch dort, wo dies nicht der Fall ist, ist die Grenze zwischen dem violetten inneren Kern und dem grünen oft sehr unregelmäßig und nicht scharf wie früher. Der innere Kern von Cobaltsulfat war eine Spur dunkler, der äußere eher etwas blässer.

Rhodochrosit ($MnCO_3$).

Rhodochrosit von Nagyag blieb vom 6. Juli bis 14. Oktober ganz unverändert.

Braunit ($MnO.MnO_2$).

Bleibt unverändert.

Uwarowit ($Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$).

Uwarowit (Chromgranat) vom Ural blieb trotz dreimonatlicher Expositur fast unverändert, von 15^{i} wurde er zu 15^{k}, zeigt also einen unmerklichen Unterschied.

Bernstein.

Bernstein wurde vom 14. Oktober bis 16. November der Einwirkung des starken Radiumpräparats ausgesetzt und wurde

etwas dunkler; die ursprüngliche Farbe war 5^m, die veränderte 5°, er ist etwas dunkler. Es ist das von Interesse, weil es zeigt, daß ein Stoff, von welchem angenommen war, daß er sich durch Radium nicht verändert, doch nicht unveränderlich ist, trotzdem hier offenbar eine idiochromatische Färbung vorliegt.

Färbungsversuche mit farblosen Mineralien.

Es wurde der Versuch gemacht, eine Anzahl von Mineralien, die in der Natur sowohl farblos als auch in einzelnen Fällen farbig vorkommen, durch Radium zu färben; es wäre dies insofern für die Frage nach der Natur des Färbemittels von Interesse, als dann anzunehmen wäre, daß ihre Färbung durch Radium zustande käme, was in der Natur auf zweierlei Arten möglich wäre; erstens durch das Zusammenvorkommen mit radiumhaltigen Mineralien, zweitens durch radiumhaltige Gasexhalationen oder Quellen.

Quarz.

Nr. 1. Ein kleiner »Marmaroser Diamant«, krystallisiert, wurde vom 14. Oktober bis 16. November, zuerst bis 7. November der Einwirkung von 1 *g* Radiumchlorid, dann der von $^1/_2$ *g* Radiumchlorid ausgesetzt. Die Einwirkung war eine sehr schwache, bis 7. November war nur eine ganz zarte Bräunung eingetreten, während am 16. November sich die Farbe mit 42^s, also ein sehr helles Violettbraun, feststellen ließ.

Nr. 2. Von anderen Quarzen war ein zweiter »Marmaroser Diamant« vom 14. Oktober bis 5. Dezember wie die drei folgenden mit dem schwachen Radiumpräparat bestrahlt, schwach bräunlich geworden.

Ein Bruchstück (Nr. 3) wurde rosenfarbig, also zu Rosenquarz.

Ein sehr heller Rauchquarz vom Gotthard (Nr. 4), 32^n, war zu 32^q geworden, also dunkler.

Nr. 5. Ein ganz farbloses Quarzbruchstück war schwach bräunlich geworden.

Opal.

Ein Opal von Dubnik war etwas milchig, aber nahezu farblos mit einem unbestimmbaren Stich ins Gelbliche. Derselbe

wurde vom 14. Oktober bis 16. November stark orange, mehr opalisierend als früher, auch war er bedeutend trüber. Es war hier das schwächere Radiumpräparat angewendet worden.

Barytgruppe.

Ein Barytkrystall (Nr. 1) von Přibram, farblos, mit zartgelblichem Stich, war vom 21. Oktober bis 5. Dezember mit dem schwächeren Radiumpräparat behandelt worden und wurde schön blau, 17^{l}.

Ein farbloser Baryt von demselben Orte (Nr. 2) war etwas blässer, 17^{p-q}, unter sonst gleichen Bedingungen.

Ein Baryt von Felsöbanya (Nr. 3) von schaliger Textur, farblos, wurde 17°, steht also der Farbe nach zwischen beiden.

Nach einer Mitteilung des Herrn Dr. Himmelbauer wurden Coelestin und Anglesit ebenfalls blau durch Radium.

Anhydrit ($CaSO_4$).

Anhydrit von Aussee, krystallisiert, war farblos und wird zart orangegelb, 4^{s}. Die Bestrahlung war dieselbe wie bei Baryt.

Calcit.

Ein violetter Calcit von Joplin wurde etwas dunkler gefärbt (siehe Mitteilung I, p. 833).

Es wurde ein farbloser Calcit von Bleiberg vom 14. Oktober bis 5. Dezember dem schwächeren Radiumpräparat ausgesetzt. Es ergab sich keine Spur von Färbung.

Aragonit von Rohitsch-Sauerbrunn, der dieselbe Zeit durch bestrahlt war, blieb farblos.

Kryolith von Grönland blieb ebenfalls farblos.

Boraxgläser.

Boraxmanganoxydglas wird trüb und dunkelbraun, überzieht sich mit einer weißen Haut, wahrscheinlich ein Verwitterungsprodukt durch Wasserverlust.

Eisenoxydboraxglas wird braun und trüb, undurchsichtig.

Chromoxydboraxglas, grün, wird trüb, dunkelbraun.

Cobaltboraxglas unverändert.

Silikatgläser.

Chromoxydsilikatglas ist etwas dunkler grün geworden.

Verschiedene Glassorten, welche bei den Versuchen der Bestrahlung mit Sauerstoff und Stickstoff gedient hatten, waren verschiedenartig gefärbt.

Zwei gleiche Glasröhrchen, das eine mit Sauerstoff, das andere mit Stickstoff gefüllt, ergaben verschiedene Resultate; ersteres war nun hellbraungelb, letzteres tiefgelb.

Ein zweites Glas, in welchem Sauerstoff eingefüllt war, ergab eine helle Amethystfärbung, das mit Stickstoff gefüllte dunkelblaue Färbung.

Einwirkung von Radiumstrahlen auf in einer Sauerstoffatmosphäre befindliche Mineralien.

Erster Versuch.

In ein Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel, in welchem sich rosa Fluorit, gelber Topas und blaßgelber Citrin befanden, war Sauerstoff aus einer Bombe geleitet worden. Das Fläschchen wurde neben das Röhrchen, welches 1 *g* Radiumchlorid enthielt, vom 6. Juli bis 14. Oktober gelegt; das Resultat war für rosa Fluorit eine Umwandlung von 30^s zu 24^u, also eine bedeutendere Stärkung der Farbenintensität; dagegen war Topas sehr wenig verändert, von 4^p zu 4°, also kaum merkbar; Citrin war ebenfalls nur wenig verändert.

Zweiter Versuch (Edelsteine).

Es wurden in ein sehr dünnwandiges Glasröhrchen eine Anzahl von Steinen eingelegt und durch dieses Sauerstoff eingeleitet und dann das Röhrchen verschlossen, um zu eruieren, welchen Einfluß diese Disposition hat. Das Resultat ist analog wie bei Versuch I.

In dem Röhrchen waren violetter Saphir vom Ural, tiefbrauner Hyazinth von Espailly, durch Glühen blaßgelb geworden, Smaragd vom Habachtal, durch Glühen bei 1200° heller geworden, Rauchtopas vom Gotthard, Rosenquarz von

Madagaskar und endlich violetter Fluorit von Schlaggenwald, welcher durch Glühen farblos geworden war, schließlich gelber Fluorit von Freiberg, ebenfalls entfärbt.

Die Versuchsdauer war vom 22. Oktober bis 16. November und war das starke Radiumpräparat, 1 *g* Radiumchlorid enthaltend, verwendet worden.

Das fast farblose, einen grünen Stich zeigende Glasröhrchen war hellviolett gefärbt worden. Von den im Röhrchen befindlichen Körpern waren zwei mehr verändert worden, nämlich Hyazinth und Saphir.

Der Saphir Nr. 10 war braunviolett, 24^{r-q}, und wird braun mit violettem Stich, 16^{i}; er ist dunkler geworden, aber die Veränderung ist keine bedeutende, namentlich im Vergleich zu jenen Veränderungen, die ohne Anwesenheit von Sauerstoff erzielt worden waren.

Der Hyazinth war durch Glühen 2^{s-t} geworden von ursprünglich 2^{h} und wurde nun durch Radium 2^{n}, also viel schwächer als früher ohne Sauerstoff.

Wenig verändert waren geglühter Smaragd vom Habachtal, 15^{c}, er wird nur etwas blässer, 15^{s}, ein kaum merklicher Unterschied. Zu bemerken wäre, daß die völlige Entfärbung des Smaragds in einem hohen Tiegel nicht gelungen war, trotzdem er 2 Stunden im Fourquignon-Ofen bei 1200 bis 1250° erhitzt worden war.

Rosenquarz, der eine sehr schwache, kaum merkliche rosa Färbung zeigte, war kaum verändert, er war zart bräunlich gefärbt, 26^{u} bis 27^{u}. Dabei ist zu bemerken, daß Rosenquarz zu denjenigen Stoffen gehört, welche sonst sehr rasch und intensiv verändert werden.

Rauchtopas, fast farblos, mit braunem Stich, 34^{v}, wird wenig dunkler, 34^{s}, der Unterschied ist sehr gering.

Fluorit von Schlaggenwald, blaßviolett, wurde durch Glühen entfärbt; er wurde bei diesem Radiumversuche 18^{m-n}.

Fluorit (Nr. 6) von Freiberg, gelb, dann durch Erhitzen farblos gemacht, blieb auch nach dem Versuche farblos.

Man sieht also, daß der Einfluß des Sauerstoffes auf die Verfärbungen recht bedeutend ist.

Einwirkung von Radiumstrahlen auf in einer Stickstoffatmosphäre befindliche Edelsteine.

Erster Versuch.

Wie bei dem ersten Versuch mit Sauerstoff, so war auch hier ein Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel angewendet worden, in welchem sich folgende Edelsteine befanden: Topas von Brasilien, gelblich; Rosenquarz von Madagaskar; Saphir von Ceylon, blau; grüner Zirkon von Ceylon. Der Stickstoff wurde aus einer Bombe eingeleitet.

Die Versuchsdauer war vom 6. Juli bis 14. Oktober.

Topas zeigt bedeutendere Veränderung als mit Sauerstoff von 4^l, zart gelblich, wird er zu 3^r, orange, also viel kräftiger.

Rosenquarz ist dagegen sehr stark verändert, er war ganz schwach gefärbt, 25^l, während er nach der Bestrahlung nahezu schwarz wird, an den Kanten wenig durchscheinend, mit den Farben 1^a bis 33^b. Der Einfluß des Stickstoffes war daher geradezu Null.

Saphir von Ceylon Nr. 11 war wenig verändert, da aber manche Saphire überhaupt wenig verändert werden, so läßt sich nicht entscheiden, wie weit der Einfluß des Stickstoff geht. Der Saphir zeigte zweierlei Färbungen, der hellere Teil ist 18^{o-p}, der dunkelblaue Teil 17^l. Nach Einwirkung vom 6. Juli bis 14. Oktober war der erste, hellere Teil 17^{p-q}, also kaum heller als früher, während der dunkle Teil zu 20^l umgewandelt war, also mehr violett.

Der grüne Zirkon von Ceylon war mehr blaugrün geworden, 16^l bis 19^r.

Zweiter Versuch.

Auch hier wurde ganz so wie bei dem zweiten Sauerstoffversuch Stickstoff durch eine sehr dünne Glasröhre, in welcher sich die untengenannten Mineralien befanden, durchgeleitet und die Enden des Röhrchens während des Durchleitens zugeschmolzen.

Es befanden sich in dem Röhrchen Rauchtopas vom Gotthard, Saphir von Ashville, geglühter, fast farbloser Zirkon (Hyazinth) von Espailly, Flußspat, gelb, durch Glühen entfärbt (Freiberg), entfärbter violetter Flußspat von Schlaggenwald, Rosenquarz von Madagaskar.

Die Versuchsdauer war vom 21. November bis 5. Dezember und wurde das starke Radiumpräparat angewendet. Die Resultate sind:

	Farbe vor Bestrahlung	Farbe nach Bestrahlung
Flußspat, violett, dann erhitzt	farblos	violett, 20^{p-q}
Saphir	blau, 18^{n-m}	gelb mit blauen Flecken
Hyazinth	fast farblos, 2^{s-t}	orangebraun, 5^{i}
Rosenquarz	sehr blaß, 27^{u-v}	rosa, 22^{r} bis 23^{r}
Amethyst, geglüht	farblos	violettblau, 22^{n}
Fluorit, ursprünglich gelb, erhitzt	farblos	violett, 20^{n}

Das Glasröhrchen, in welchem sich die Mineralien befanden, war dunkelviolettblau geworden.

Aus den Parallelversuchen geht hervor, daß manche Mineralien unter Einfluß der Radiumbestrahlung sich bei Gegenwart von Sauerstoff und Stickstoff gleichartig verändern, während bei anderen, z. B. Rosenquarz, Rauchquarz, der Unterschied sehr bedeutend ist; dagegen scheint bei Amethyst dieser gering. Bei Hyazinth ist der Grad der Farbe ein anderer. Bei Saphir scheint Sauerstoff verlangsamend zu wirken auf die Färbung.

Wasserstoffatmosphäre begünstigt nach einem Versuche von Simon die Radiumfärbung.

Labilität der durch Radium erzeugten Farben bei Flußspat.

Mit Ausnahme des rosa Flußspats sind die Veränderungen bei Flußspat keine bleibenden. In einem Falle bei violettem Flußspat, der zu 18^{n}, also blau geworden war, zeigte sich schon nach Verlauf einiger Tage, ohne daß Temperaturerhöhung oder Bestrahlung stattgefunden hatte, eine merkliche Abschwächung

der Farbe. Ultraviolette Strahlen bringen nach wenigen Stunden die ursprüngliche Farbe wieder. Ähnliches ist ja auch bei gelbem und bei grünem Flußspat beobachtet worden.

Im ganzen läßt sich sagen, daß fast alle durch Radium veränderten Flußspäte nach 8 bis 14 Tagen, trotzdem sie in einer verschlossenen Lade aufbewahrt waren, kleine, oft auch größere Veränderungen ihrer Farbe zeigten, wobei blauer und blaugrüner Flußspat blässer werden. Da ein Einfluß des Lichtes ausgeschlossen war, so ist eher ein chemischer Prozeß, der dem durch Radium entgegengesetzt ist, zu vermuten und ist es einigermaßen wahrscheinlich, daß dieser in einer Oxydation besteht. Flußspat ist übrigens nicht das einzige derartige Mineral, auch Topas, mit Radium bestrahlt, hatte nach 14 Tagen seine Farbe unter denselben Umständen verändert, auch Manganoxydboraxglas war etwas heller geworden.

Labilität der in Gläsern durch Radium erzeugten Farben bei Temperaturerhöhung.

In einigen Fällen, aber nicht in allen, schwinden die durch Radium verursachten Farben schon bei der sehr niederen Temperatur von 88°. Insbesondere scheinen die Gläser bereits bei geringer Temperaturerhöhung ihre durch Radium erhaltenen Farben zu verändern.

Ein Glas, welches durch 3 Monate der Einwirkung von 1 *g* Radiumchlorid ausgesetzt war, hatte eine gelbbraune Farbe angenommen, 34^m; bereits nach zweistündigem Erwärmen war es blässer geworden, und zwar bei der geringen Temperatur von 88°, und war mehr hellgelb. Bei 180 bis 200° erwärmt, wurde dieses Glas ganz farblos, und zwar bereits nach zirka 20 Minuten.

Dagegen war ein zweites Glas viel widerstandsfähiger, es war, mit Sauerstoff gefüllt, 1 *g* Radiumchlorid durch 23 Tage ausgesetzt gewesen und hatte eine Amethystfarbe erhalten; es blieb bis 180° unverändert.[1]

Chromoxydboraxglas wurde durch Radium von ursprünglich grün, 12^m bis 13^m, zu braun, 35^m, verändert; nach 8 Stunden bei 89° erwärmt, zeigte es sich blässer und etwas mehr grünlichgrau bis orangegrau, 7^n bis 34^{l-n}.

[1] Leider war die Zusammensetzung dieses Glases nicht bekannt.

Ein Manganoxydboraxglas war von ursprünglich 32^i durch dreimonatliche Einwirkung mehr braun geworden, 33^m; die Veränderung ist verhältnismäßig nicht sehr bedeutend, wenn man die lange Dauer der Wirkung einer so großen Menge von 1 *g* Radiumchlorid berücksichtigt. Nach einstündigem Erhitzen bis 90° war die Veränderung noch minimal, nach vierstündigem Erhitzen jedoch sehr merklich, das Boraxglas war heller und etwas mehr gelblich geworden, 35°. Die Einwirkung der Wärme war also stärker als die der ultravioletten Lichtstrahlen, doch konnte die bei jenen wahrgenommene merkwürdige weiße Kruste hier nicht beobachtet werden, vergl. p. 1301.

Erhitzen von durch Radium veränderten Mineralien in Stickstoff.

Folgende Mineralien wurden bei 330° während 40 Minuten im Stickstoffstrom erhitzt: Calcit von Joplin, Smaragd von Habach, brauner Diamant vom Kap, graugrüngelber Zirkon von Ceylon, Hiddenit, Lithiumturmalin von Maine und violetter Flußspat von Derbyshire. Ferner wurden Boraxmanganoxydglas und unbestrahltes Chromoxydboraxglas, sowie ein Glas beigelegt, welches, mit Sauerstoff gefüllt, der Radiumstrahlung ausgesetzt worden war (p. 1290). Endlich wurde Apatit von Auburn in unverändertem, natürlichem Zustand ebenso mit Stickstoff erhitzt.

Die Resultate waren:

	Farbe vor dem Erhitzen	Farbe nach Erhitzen im Stickstoffstrom
Diamant	braun, 40^r	41^p
Zirkon	graugrün, 35^p	unverändert
Fluorit	violett, 22^e	wird bei 240° unter Zerspringen farblos
Apatit	violett, 22^{p-q}	Spur heller, 22^r
Calcit	blaßviolett, 22^p	unverändert
Turmalin	blaßrosa, 24^s	dunkelviolettbraun, 32^k
Hiddenit	gelbgrün, 13^{r-s}	unverändert
Smaragd	grün, 15°	unverändert
Chromoxydboraxglas	grün, 11°	heller, 11^p
Manganoxydboraxglas	braun, 32^i	etwas dunkler, 32^{i-h}
Glas II	violett, 22^p	fast unverändert, 22^{p-q}.

Der violette Fluorit von Derbyshire war durch Radium nicht verändert worden, er wird, wie alle Fluorite, bei Erhitzen farblos. Unverändert blieben Glas, Calcit (der zum Teil zersprungen war), Smaragd und Hiddenit, die durch Radium etwas verändert waren; ebenso Zirkon. Chromglas wird unbedeutend heller, Manganboraxglas dunkler.

Am meisten änderte sich der Turmalin, welcher durch Röntgen- und Radiumstrahlen unverändert geblieben war. Die Veränderung des braunen Diamant (vgl. Mitt. I, p. 834) war gering.

Erhitzen einiger durch Radium veränderter Mineralien im Sauerstoffstrom.

Die betreffenden Stoffe: brauner Diamant, graugelbgrüner Zirkon, Smaragd, Hiddenit, Kuntzit, Chromoxydboraxglas waren, mit Ausnahme der beiden letztgenannten, mit Radium behandelt worden, hatten aber keine größeren Änderungen erlitten. Sie wurden zuerst auf 240°, dann auf 400° erhitzt. Die Resultate sind:

Name	Farbe	Farbe nach Erhitzen	
		auf 240°	auf 400°
Diamant . . .	violettbraun, 32^m bis 40^m	40^n, unverändert	40^r, heller
Zirkon	graugrün, 35^l bis 36^l	34^n bis 35^n, heller	35^p, heller
Smaragd . . .	15^n	15°, Spur heller	15°, unverändert
Hiddenit	12^r	13^n, Spur dunkler	13^r, unverändert
Kuntzit	fast farblos	23^r, Spur dunkler	farblos
Chromglas . .	grün, 11°	—	mehr gelb
Glas	hellviolett, 22^e	rot, 24^p	fast farblos, Spur rosa

In Sauerstoff blieb also unverändert Hiddenit, Smaragd. Kuntzit wird erst bei 400° verändert, dann aber farblos. Chromoxydboraxglas neigt etwas zu gelb.

Der braune Diamant, der durch Radium etwas verändert worden war (Mitteilung I, p. 834), war bei 240° wenig verändert, aber bei 400° heller geworden, 40^m bis 40^r, Zirkon war etwas heller geworden. Bemerkenswert ist die Änderung des violetten Glases, welches, ursprünglich farblos, durch Radium, trotzdem das Glas mit Sauerstoff gefüllt war, schwachamethyst wurde; es wurde bei 240° rot, bei 400° aber fast farblos mit Stich ins Rosa; bei diesem wie bei Kuntzit, Hiddenit, trat bei 240° eine intensivere Färbung auf, während bei 400° diese wieder einer helleren weicht und spricht dies für Färbung durch mindestens zwei verschiedene, vielleicht komplementäre Farbstoffe, von welchen einer bei 400° verschwindet.

II. Bestrahlung mit ultravioletten Lichtstrahlen.

Angeregt durch eine Beobachtung von Prof. St. Meyer, welcher an durch Radium grün gefärbtem Kuntzit ein Wiederkehren der früheren Farbe nach kurzer Bestrahlung mit einer Bogenlampe beobachtet hatte, unternahm ich eine Reihe von Versuchen sowohl an mit Radium bestrahlten und bereits veränderten, als auch mit frischen, unveränderten, farbigen Mineralien und auch Gläsern. Indessen zeigte sich bald, daß der Kuntzit doch mehr eine Ausnahmestellung einnimmt, da eine gewöhnliche Bogenlampe nur geringfügige Veränderungen und nur bei wenigen farbigen Steinen rasch Farbenunterschiede erzeugt. Die erhaltenen Resultate zeigten aber immerhin die Möglichkeit, mit vollkommenen Apparaten stärkere Einwirkungen zu bekommen. Vor allem ist es nötig, einen Apparat zusammenzustellen, von welchem die ultravioletten Strahlen mittels einer Linse auf das Objekt konzentriert werden und dazu ist eine plankonvex geschliffene Quarzlinse nötig; zur Erzeugung von möglichst viel ultravioletten Strahlen ist eine entsprechende Lampe nötig. Da dieser Apparat im Institut nicht vorrätig war und seine Herstellung erst längere Zeit in Anspruch nahm, so mußte vorläufig mit einer einfachen Bogenlampe, die mit Thorium imprägnierte Kohlen hatte, gearbeitet werden und einer Quarzlinse, die aber wegen zu großer Brennweite wenig geeignet war.

Direkte Behandlung von farbigen Mineralien mit Bogenlicht.

Es wurden einige Kontrollversuche mit solchen Mineralien versucht, die vorher nicht dem Radium ausgesetzt waren, wie aus folgendem hervorgeht, ist dann die Einwirkung eine überaus geringe.

Turmalin von Elba, rosa, an einem Ende gelb, am anderen rosa, blieb unverändert nach 5 Stunden.

Rosenquarz ist dasjenige Mineral, welches sich am leichtesten durch Bogenlicht verändert, denn nach $2^1/_2$ Stunden war er fast farblos und zeigte kaum mehr einen Stich ins Rosenrote.

Grüner Fluorit von Appenzell, 16^{o-p}, war durch 50 Stunden bestrahlt worden, ergab aber kaum eine Änderung 16^r, nach weiteren 50 Stunden war er doch etwas blässer, 16^t bis 15^t.

Rosa Flußspat vom Gotthard wurde nach 53 Stunden etwas heller, von 24^r war er 26^t bis 27^t geworden, nach weiteren 40 Stunden blässer und mehr gelblichrot.

Rauchtopas vom Gotthard war nach 15 Stunden wenig verändert, von 34^r auf 41^s, nach weiteren 40 Stunden 34^s, es sind also kaum bestimmbare Unterschiede.

Brasilianischer Topas, orangegelb, 4^{s-t}, wurde eine Spur mehr gegen Orangegelb gefärbt nach 68 Stunden.

Kuntzit wurde nach 25 Stunden nicht verändert, er war sehr schwach gefärbt gewesen, 24^u.

Hiddenit, geglüht saftgrün, 15°, war nach 50 Stunden 15°, also genau so wie früher.

Diamant vom Kap, bräunlichgrau, war nach 120 Stunden etwas heller.

Im ganzen und großen ist die Einwirkung sehr gering und nur bei Rosenquarz und grünem Flußspat größer, indes ist es ja nicht ausgeschlossen, daß bei sehr langer Einwirkung doch auch bei anderen Mineralien eine merkliche Veränderung eintreten würde.

Einfluß der ultravioletten Strahlen auf durch Radium veränderte Farben.

Während der Einfluß des Bogenlichtes auf die natürlichen Mineralfarben sehr gering und meistens sogar Null ist, lassen sich manche durch Radium veränderte Mineralfarben durch Bogenlicht wieder zurückändern, d. h. es kehrt die ursprüngliche Farbe oder eine ähnliche wieder.

Diamant.

Ein gelber Diamant vom Kap war durch $4^1/_2$ Monate mit 1 *g* Radiumchlorid bestrahlt worden, die Veränderung war kaum merklich (vergl. p. 1276), die angenommene Farbe ist 7^u.

Nach 56stündiger Bestrahlung mit Bogenlicht war dieser Diamant merkwürdigerweise etwas dunkler geworden, von 7^u ging er zu 8^t über; allerdings ist die Veränderung keine große, nach 80 Stunden war er 8^t.

Ein brauner Diamant war durch $4^1/_2$ Monate mit 1 *g* Radiumchlorid bestrahlt worden und hatte einen Stich ins Violette bekommen. 40^l. Nachdem er durch 56 Stunden mit Bogenlicht bestrahlt worden war, zeigte er mehr violetten Stich und dabei dunklere Färbung, 32^m, wenn auch der Unterschied nicht gar groß ist.

Rauchtopas.

Ein Bruchstück, welches fast farblos war, wurde durch Radium braun, nach 17 Stunden Bogenlichtbestrahlung 34^{q-r}, nach weiteren 48 Stunden 33^r, er war heller geworden, mehr grau, aber immer noch dunkler als im Naturzustand.

Amethyst.

Amethyst, bei Luftzutritt stark geglüht, wurde farblos und infolge der Erhitzung auch etwas milchig, ähnlich wie ein Milchopal. Der Radiumeinwirkung ausgesetzt, wurde er wieder violblau wie früher. Nach 37 Stunden Bogenlichtbestrahlung war er ganz unverändert.

Rosenquarz.

Rosenquarz von Madagaskar war durch Radium schwarzbraun, undurchsichtig und nur an den Kanten durchscheinend braun. Nach 60 Stunden Bogenlichtbestrahlung zeigte er nur an einer dünneren Stelle etwas braungelbe Färbung im durchfallenden Lichte, er war also wenig verändert, zeigt aber immerhin eine schwache Aufhellung.

Zirkon.

Ein gelbgrüngrauer Zirkon von Ceylon, der durch Radium sehr wenig verändert war, wurde mit ultravioletten Strahlen durch 25 Stunden behandelt und war nur wenig verändert, von 35^m zu 35^n bis 36°.

Ein brauner Zirkon (Hyazinth) von Espailly war zuerst durch Glühen blaßrötlich geworden, dann hatte er durch Radium die Farbe 3^m angenommen und war durch 37 Stunden dem Bogenlicht ausgesetzt worden: er wurde zwar nicht ganz entfärbt, war aber zinnoberfarbig mit Stich ins Graue geworden. 32^p.

Natürlicher Rubin und künstlicher Rubin.

Natürlicher Rubin aus Ceylon und künstlicher von Frémy hergestellt, waren mit Radium bestrahlt worden; ersterer war reinrot, 25^m, geworden, letzterer nicht verändert; nach 11 Stunden Bogenlichtbestrahlung blieb letzterer unverändert, während ersterer deutlich violett, 24^m, wurde.

Saphir.

Ein blauer Saphir von Ceylon, 20^r, war durch Radium gelb geworden, 6^n, und wurde nach 1 Stunde Bogenlichtbeleuchtung 8°, gelbgrün, dann nach weiteren 6 Stunden 15^z bis 16^z, blaugrün, aber heller. Die Veränderungen dieses Ceyloner Saphirs gehen rasch vor sich. Ein Bruchstück dieses Saphirs wird bei Erhitzen unter Luftzutritt sehr blaß, fast farblos, 20^u (vgl. p. 1313, Fig. 1).

Ein anderer Saphir von Ceylon war mit Radium wenig verändert, 18^m, er war nach 2 Stunden Bogenlichtbeleuchtung

nur wenig heller, 18°, auch nach weiteren 6 Stunden nicht mehr verändert.

Ein dritter, graublauer Stein von Ceylon war blaugrün durch Radium geworden, 19^r, nach 30 Stunden Bogenlichtbestrahlung war er mehr blau, 18^{p-q}. Die ursprüngliche Farbe war 39^n.

Während es bei Rubin sehr wahrscheinlich ist, daß Chrom sein wichtigstes Färbemittel liefert (daneben dürfte auch Eisen mitbeteiligt sein), ist das Färbemittel des Saphirs unbekannt. Chromgrün geht durch Radium in Braungelb über, was vielleicht darauf hinweist, daß das Chrom an der Farbe mitbeteiligt ist, aber das Verhalten der Saphire beim Erhitzen in Gasen deutet wieder nicht auf Chrom. Möglicherweise sind mehrere Färbemittel beteiligt.

Korund vom Ural.

Der p. 1288 erwähnte violette Saphir Nr. 10 von Miasc, 24^{r-q}, war durch Radiumbestrahlung vom 14. Oktober bis 16. November, 32^h, also graubraun geworden, nach 32stündiger Bestrahlung durch Bogenlicht, wurde er 21° und nach weiteren 14 Stunden (zusammen 46) 40^{o-m}, also viel heller; er hat seine braune Farbe in violettgrau umgewandelt, die ursprüngliche Färbung war jedoch nicht ganz wiedergekehrt.

Flußspat.

Es war zu erwarten, daß Flußspat, der so stark seine Farben durch Radium ändert, auch bei Bestrahlung durch Bogenlicht größere Veränderungen zeigen wird und dies trifft auch zu.

Fluorit von Freiberg (Nr. 6), ursprünglich gelb, war durch Radium 16^{c-d}, blaugrün, dann spontan 15^{c-f} geworden (siehe p. 1280); schon nach zweistündiger Einwirkung von Bogenlicht war er wieder gelb geworden, 5^r bis 6^q; ursprünglich war er 6^{q-r} (vgl. p. 1313, Fig. 1).

Violetter Fluorit von Schlaggenwald war durch Radium 16^r bis 17^r, also blaugrün geworden; nach fünfstündiger

Bestrahlung mit Bogenlicht wird er 22^h, also wieder violett wie früher.

Hellgrüner Fluorit von Appenzell (Nr. 2) war durch Radium blaugrün, 17^{h-i}, geworden; er war schon nach 1 Stunde Bogenlichtbestrahlung violett geworden; der eine Teil des Steines war blaß, 21^l, der andere deutlich violett, 21^m.

Ein violetter Fluorit, welcher nach Radium 17^r, blaugrün, geworden war, zeigte nach 1 Stunde 19^s, blauviolette Färbung.

Zu bemerken ist, daß alle diese Flußspäte in der Zeit, die zwischen der Radiumbestrahlung und der Bogenlichtbestrahlung verlaufen war, also innerhalb 8 bis 14 Tagen, schon spontan ihre Farbe sehr merklich verändert hatten.

Topas.

Brasilianischer Topas wird, wie aus meiner ersten Mitteilung hervorgeht, nicht nur durch Radium-, sondern auch schon durch Röntgenstrahlen stark verändert; gegenteilig wirkt nun die Bestrahlung mit Bogenlicht. Ein brasilianischer Topas, ursprünglich weingelb, war durch Glühen in Sauerstoff rosa geworden, von 3^r zu 23^s; durch Radium wird er orange 2^q.

Eine 54stündige Bestrahlung mit Bogenlicht ergab Lilafärbung, 23^{s-t} bis 24^q, bereits nach 22 Stunden war die Färbung deutlich lila.

Hiddenit.

Hiddenit, welcher längere Zeit (siehe Mitteilung I, p. 833) den Radiumstrahlen ausgesetzt war und die Farbe 13^r bis 14^r, gelblichgrün, zeigte, wurde durch 20 Stunden im Bogenlicht behandelt; er war mehr gelblichgrüngrau geworden, 37^r, die Veränderung ist keine große, sie entspricht aber nicht der Farbe, die Hiddenit vor der Radiumbestrahlung hatte, da er damals mehr grün war.

Ein zweiter Hiddenit war von 15^n auf 15^q, also heller geworden nach 30 Stunden.

Ich bemerke dazu noch, daß ein Hiddenit durch $1^1/_2$ Stunden im offenen Quarzglasrohre geglüht, etwas dunkler grün wurde; er ging nämlich von 14^s auf 15^n und erhält eine präch-

tige Smaragdfarbe. Auch W. Hermann hatte durch Glühen im Leuchtgasstrom ähnliche Resultate erhalten. Durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen erhält man jedenfalls bei Hiddenit eine ähnliche, aber nicht idente Farbe als bei Glühen in Luft oder reinem Sauerstoff.

Kuntzit.

Kuntzit nimmt in kurzer Zeit seine frühere Farbe wieder an (vgl. p. 1296).

Turmalin.

Der früher behandelte Turmalin (Nr. 1), sogenannter Mohrenkopf, der mit Ausnahme des schwarzen Endes farblos war, war durch Radium rosa geworden, 24^{l}, nach 18 Stunden Bogenlichtbeleuchtung war er violett, 32^{s} bis 30^{l}, also merklich, wenn auch nicht stark verändert.

Ein zweiter Turmalin von Elba (Nr. 2) wurde durch 24 Stunden mit Bogenlicht behandelt, ohne daß eine merkliche Veränderung eintrat.

Ein dritter Turmalin (Nr. 7), der nach Radiumfärbung stark dunkelrot an einem Teile geworden war, am anderen violettgrau, wurde durch 12 Stunden bestrahlt und wurde 24^{p}, also etwas blässer, das früher violette Ende, 40^{p}, wurde 40^{r}, mehr hellviolettgrau, der Unterschied ist nicht sehr groß.

Der in meiner ersten Mitteilung, p. 832, erwähnte Turmalin mit rosa Kern und grüner Hülle war durch Radium insofern verändert worden, als die grüne Hülle breiter wurde. Durch Bogenlicht, welches diesmal sehr lange einwirkte (100 Stunden), war die Veränderung gering.

Es geht daraus hervor, daß auch die Turmaline durch Bogenlicht keine große Veränderung erleiden, allerdings ist auch die Veränderung durch Radium keine erhebliche, wenn auch etwas merklicher als die erstgenannte.

Ein p. 1292 erwähnter rosa Turmalin von Maine durch Glühen in Stickstoff zu 32^{k}, braun; er wurde nach 24 Stunden Bogenlichtbestrahlung 42^{k}, mehr violett mit braunem Stich.

Aquamarin.

Aquamarin, welcher durch Radium eine kleine Änderung erlitten hatte (Mitteilung I, p. 833), wurde durch 55 Stunden der Einwirkung der ultravioletten Strahlen ausgesetzt; er blieb ganz unverändert.

Smaragd.

Smaragd vom Habachtal (p. 1281) war durch Radium nur wenig verändert worden, dementsprechend war auch durch ultraviolette Strahlen, die durch 48 Stunden wirkten, keine Änderung eingetreten (15^r).

Manganoxydboraxglas.

Durch Zusammenschmelzen von Borax mit Manganoxyd erhält man ein zinnobergraues Glas. Dasselbe war durch Einwirkung von Radium (p. 1286) zu 33^m umgewandelt worden, also braun mit violettem Stich; nach vierstündiger Behandlung mit der Bogenlampe bildete sich auf der Oberfläche eine weiße Kruste und wurde der Körper etwas heller, ohne aber seine Farbe zu ändern.

Chromboraxglas.

Das Chromboraxglas, ursprünglich 11°, war zu 7^e, also viel heller und auch etwas durchscheinend geworden.

Chromglas wurde noch durch weitere 10 Stunden exponiert und wurde schließlich grünlichgelb und durchsichtig, 4^l.

Unverändertes Chromboraxglas war durch Bogenlicht nicht verändert worden.

Überaus widerstandsfähig war das p. 1288 erwähnte hell amethystblaue Glas, das diese Farbe durch Radium erhalten hatte, nach 45 Stunden ergab sich noch keine Änderung, wohl aber nach 80 Stunden, und merkwürdigerweise war das Glas dunkler amethystfarben geworden als früher, nämlich 22°, während es früher 22^{s-t} war.

Bernstein.

Auch auf den durch Radium veränderten Bernstein haben die ultravioletten Strahlen Einfluß; er war von 5° zu 5^r bis 6^r

geworden, während er durch Radium in 5° verwandelt worden war und war also heller geworden, die Einwirkung der ultravioletten Strahlen ist also der des Radiums wie gewöhnlich entgegengesetzt.

Opal.

Opal hatte keine Änderung erlitten trotz 24stündiger Bestrahlung.

Baryt.

Der p. 1286 erwähnte Barytkrystall von Felsöbanya, schalig, war durch Radium bläulich geworden. Nach 18stündiger Bestrahlung mit Bogenlicht war dieser Baryt merklich heller und mehr bläulichgrau geworden, so daß also auch bei diesem Mineral die Radiumfärbung durch Bogenlicht zurückgeht.

Apatit.

Der in meiner ersten Mitteilung, p. 832, erwähnte Apatit von Auburn war durch Radium etwas verändert worden, heller und deutlicher violett. Nach 12 Stunden Bogenlichtbestrahlung war er von 21^q zu 22^{m-n} geworden, wieder dunkler; ursprünglich war er 21^n.

Versuch mit Wasserstoffsuperoxyd.

Einige Stoffe waren durch 10 Tage mit höchstkonzentriertem Wasserstoffsuperoxyd behandelt worden. Unverändert blieb gelber Diamant (8^f). Ein durch Radium veränderter Rosenquarz, der ganz schwarz, 7^a, und nur an den Kanten braun durchscheinend war, hellte sich an den Kanten bedeutend auf und wurde bräunlichgelb.

Grüner Fluorit, 15^q, war wenig verändert, aber an den Rändern heller geworden.

Ein Fluorit, mit Radium violett geworden, 20^m, wurde an dem einen Ende fast farblos und war überhaupt blässer.

Frischer, unverändert violetter Calcit von Joplin war etwas trüb.

Das p. 1288 erwähnte, durch Radium gefärbte Glas war etwas dunkler, unverändert waren Diamant, violetter Korund. Die Veränderungen sind begreiflicherweise mehr oberflächliche.

Übersicht der Veränderungen mit verschiedenen Agentien.

In nachfolgender Tabelle stelle ich die wichtigsten Resultate der Veränderungen mit Radium-, Röntgen-, ultravioletten Strahlen zusammen, sowie auch die durch Erhitzen in verschiedenen Gasen erzeugten Verfärbungen.

Bei letzteren habe ich auch die Resultate von W. Hermann[1] berücksichtigt, in zwei Fällen die von Simon.[2] Für Apatit vergl. auch die Arbeit von W. Pupke, Inaugural-Dissertation 1908.

[1] Zeitschrift für anorg. Chemie, 1908.
[2] N. Jahrb. für Mineralogie, 1908.

I Name des Minerals	II Ursprüngliche Farbe	III Färbung durch Radium	IV Färbung durch Röntgenstrahlen	V Färbung durch ultraviolette Strahlen nach Radium	VI Färbung durch Erhitzen in Sauerstoff nach Radium	VII Färbung durch Glühen in Stickstoff nach Radium
Diamant	gelb	Spur mehr gelb	—	Spur mehr gelb	unveränd.	—
»	grün	mehr blau	—	—	—	—
»	braun	violettbraun	Stich ins Violette	mehr bräunlichviolett	heller braun	mehr purpur
»	grau	unveränd.	—	etwas heller	—	—
Amethyst	violettblau	fast unv.	unveränd.	unveränd.	farblos	farblos
Citrin	zartgelb	schwarzbraun	braungelb	—	farblos	—
Rosenquarz	zartrosa	braun	schwach gelbbraun	heller braun	farblos	—
Rauchquarz	schwach braun	schwarzbraun	bräunlich	kaum verändert, Spur heller	farblos	—
Bergkrystall	farblos	zart bräunlich	—	—	farblos	—
Rubin	blutrot	rein rot	unveränd.	Spur mehr violett	unveränd.	—
Violettrubin	violett	mehr rot	mehr rot	mehr violett	heller	—

VIII Färbung durch Radium nach Entfärben durch Erhitzen	IX Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Stickstoff-atmosphäre	X Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Sauerstoff-atmosphäre	XI Färbung durch Erhitzen in Sauerstoff	XII Färbung durch Erhitzen in reduzierenden Gasen	XIII Färbung durch Erhitzen in Stickstoff	XIV Andere Veränderungen
—	—	—	bis 600° unveränd.	unveränd.	unveränd.	—
—	—	—	gelb (nach Descloizeaux)	—	—	—
—	—	—	bis 600° unveränd.	unveränd.	unveränd.	in Ammoniakgas unverändert (nach Hermann)
—	—	—	unveränd.	unveränd.	—	—
violettblau wie II	wie II	—	farblos	farblos	gelblich (nach Hermann)	in Ammoniakgas gelb (nach Hermann)
schwarzbraun	braun	fast unverändert	farblos	farblos	—	—
braun	stärker rosa	Spur braun	farblos	farblos	unveränd.	in Ammoniak unverändert (nach Hermann). In H_2O_2 wird III heller
schwarzbraun	braun	schwach bräunlich	farblos	farblos	farblos	—
—	—	—	unveränd.	unveränd.	—	—
unverändert	—	—	unveränd.	unveränd.	unveränd.	—
—	—	—	fast unveränd.	—	—	—

I Name des Minerals	II Ursprüngliche Farbe	III Färbung durch Radium	IV Färbung durch Röntgenstrahlen	V Färbung durch ultraviolette Strahlen nach Radium	VI Färbung durch Glühen in Sauerstoff nach Radium	VII Färbung durch Glühen in Stickstoff nach Radium
Saphir I	blau	gelbbraun	gelbgrün	hellblau	farblos	bläulich
Saphir II	tiefdunkelblau	blau	unveränd.	unveränd.	hellblau	—
"	braunviolett	braun	—	bräunlichviolett	hellviolett	—
"	blaugrün	mehr grün	—	mehr blau	—	—
Zirkon	gelbgraugrün	mehr grau	—	Spur heller	mehr orangegrau	unveränd.
Hyazinth	braun	braun	—	zinnobergrau	heller	—
Smaragd	sattgrün	mehr rein grün	unveränd.	unveränd.	fast unverändert	unveränd.
Aquamarin	blaugrünlich	heller, mehr rein blaugrün	wie III	unveränd.	—	—
Turmalin	farblos	rosa bis orange	Spur rosa	violett	—	—
"	grün	unveränd.	unveränd.	unveränd.	—	—
"	rosa	gelblich	unveränd.	violett	—	dunkelviolettbraun

VIII Färbung durch Radium nach Entfärben durch Erhitzen	IX Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Stickstoff-atmosphäre	X Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Sauerstoff-atmosphäre	XI Färbung durch Erhitzen in Sauerstoff	XII Färbung durch Erhitzen in reduzierenden Gasen	XIII Färbung durch Erhitzen in Stickstoff	XIV Andere Veränderungen
braungelb	bräunlich-gelb	gelblich	farblos	farblos	—	—
—	violett blau	—	Spur heller blau	—	—	—
—	—	violett-braun	heller	—	—	—
—	—	mehr blau	farblos	—	—	—
—	mehr blaugrün	—	grüngrau (nach Hermann)	dunklergrau (nach Hermann)	gelbgrün-grau (nach Hermann)	in Ammoniak-gas heller (nach Hermann)
braun	dunkel-rötlichbraun	heller braun wie bei III	heller	hell, Stich ins Braune	heller	in Ammoniak-gas fast farblos (nach Hermann)
Spur dunkler	—	Spur blässer	heller wenig ver-ändert	wenig verändert	—	—
—	—	—	farblos	—	—	—
—	—	—	unveränd.	—	—	—
—	—	—	unveränd.	heller (nach Hermann)	—	—
—	—	blaurosa	grünlich	fast farblos (nach Simon)	—	—

I Name des Minerals	II Ursprüngliche Farbe	III Färbung durch Radium	IV Färbung durch Röntgenstrahlen	V Färbung durch ultraviolette Strahlen nach Radium	VI Färbung durch Glühen in Sauerstoff nach Radium	VII Färbung durch Glühen in Stickstoff nach Radium
Turmalin	gelblich	mehr orange	—	—	—	—
Topas	farblos	hellorange	Spur gelblich	—	farblos	—
»	weingelb	dunkel-orange	hellorange-gelb	lila	fast farblos	lila
Pyrop	gelblichrot	heller rot	heller rot	—	—	—
Hiddenit	gelblich-grün	heller	mehr grün	heller	Spur dunkler	unveränd.
Kuntzit	blaßviolett	gelblich-grün	unveränd.	blaß violett	zuerst bis 240° Spur dunkler, bei 400° farblos	—
Baryt	farblos	blau	—	hellgrau bis farblos	fast farblos	—
Calcit	violett	mehr purpur	—	—	fast farblos	unveränd.

VIII Färbung durch Radium nach Entfärben durch Erhitzen	IX Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Stickstoff-atmosphäre	X Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Sauerstoff-atmosphäre	XI Färbung durch Erhitzen in Sauerstoff	XII Färbung durch Erhitzen in reduzierenden Gasen	XIII Färbung durch Erhitzen in Stickstoff	XIV Andere Veränderungen
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	in Schwefeldampf grau, in Ammoniakgas rosa (nach Hermann)
orange	orangegelb	wenig verändert	rosa	—	lila	(in Schwefel grün)
—	—	—	fast unveränd. (nach Hermann)	dunkler (nach Hermann)	unveränd.	—
—	—	—	hellgrün	dunkler	—	in Ammoniak heller (nach Hermann)
blaugrün	—	—	bei 240° Spur dunkler, bei 400° farblos	—	farblos	—
—	—	—	fast farblos	—	—	—
—	—	—	heller violett	—	unveränd.	in Wasserstoffsuperoxyd trüb

I Name des Minerals	II Ursprüngliche Farbe	III Färbung durch Radium	IV Färbung durch Röntgenstrahlen	V Färbung durch ultraviolette Strahlen nach Radium	VI Färbung durch Glühen in Sauerstoff nach Radium	VII Färbung durch Glühen in Stickstoff nach Radium
Apatit	violettblau	heller und mehr reinviolett	—	dunkler	—	heller
Chromalaun	tiefrotviolett	blaßviolett	—	—	—	grün
Flußspat	violett	blau, zum Teil wenig verändert	unveränd.	blaßviolett	farblos	farblos
»	gelb	grünblau	—	gelb	farblos	farblos
»	grün	grünblau	—	violett	farblos	—
»	rosa	etwas stärker rosa	unveränd.	Spur blässer	farblos	farblos
Chromoxydboraxglas	sattgrün	dunkelbraun	gelbbraun	grüngelb	sattgrüngelb	—
Manganoxydboraxglas	violettbraun	braun	bräunlicher	heller violettbraun	bräunlichviolett	Spur dunkler
Glas I	farblos mit grünlichem Stich	hellamethyst	—	dunkelamethyst	mehr rot	unverändert
Glas II	farblos mit grünlichem Stich	braun	—	heller	fast farblos	—

VIII Färbung durch Radium nach Entfärben durch Erhitzen	IX Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Stickstoff-atmosphäre	X Färbung durch Radium bei Gegenwart einer Sauerstoff-atmosphäre	XI Färbung durch Erhitzen in Sauerstoff	XII Färbung durch Erhitzen in reduzierenden Gasen	XIII Färbung durch Erhitzen in Stickstoff	XIV Andere Veränderungen
—	—	heller	fast farblos bei 500°	—	—	—
—	—	—	grün	—	—	—
blauviolett	violett	blauviolett	farblos	farblos	farblos	mit Wasserstoffsuperoxyd heller
grünblau	blauviolett	unveränd.	farblos	farblos	farblos	durch Erwärmen auf 90° geht die Radiumfärbung verloren
grünblau	—	blaß-violett	farblos	farblos	farblos	mit H_2O_2 heller
—	—	rosa	farblos	—	—	—
—	—	—	unveränd.	unveränd.	heller	bei Erwärmen auf 90° wird III heller
—	—	—	unveränd. (nach Hermann)	schwach rötlich (nach Hermann)	dunkler	bei Erwärmen auf 90° wird III heller
—	dunkel-amethyst	hell-amethyst	blässer	—	—	bei Erwärmen auf 90° wird III heller
—	gelb	—	—	—	—	—

Fluorit.

Die Ansicht, daß die Flußspäte durch Kohlenwasserstoffe gefärbt seien, war lange Zeit verbreitet. Die vorliegenden Versuche weisen die Unhaltbarkeit nach, denn bis 500° geglühter Flußspat kann seine Farbe durch Radium immer wieder erhalten und diese durch ultraviolette Strahlen wieder verlieren, was bei einer organischen Substanz kaum möglich ist.

Eine andere Ansicht ist die Färbung der Flußspäte durch Manganverbindungen, welche namentlich Berthelot in den letzten Jahren wieder aufstellte. Auch diese Ansicht ist unwahrscheinlich, da sich Boraxmangangläser nicht so verhalten, wie die Flußspäte bei gleichzeitiger Behandlung beider mit Radium und ultravioletten Strahlen, sowie bei der Erhitzung.

Auch kann die Ansicht Berthelot's, daß grüner und violetter Fluorit durch verschiedene Agentien gefärbt sein sollten, kaum aufrecht erhalten werden, indem seine Ansicht, daß grüner und violetter Fluorit sich mit Radium verschieden verhalten, nicht richtig war, da beide tatsächlich grünblau, wenngleich mit verschiedener Geschwindigkeit und verschiedener Farbenintensität, werden.

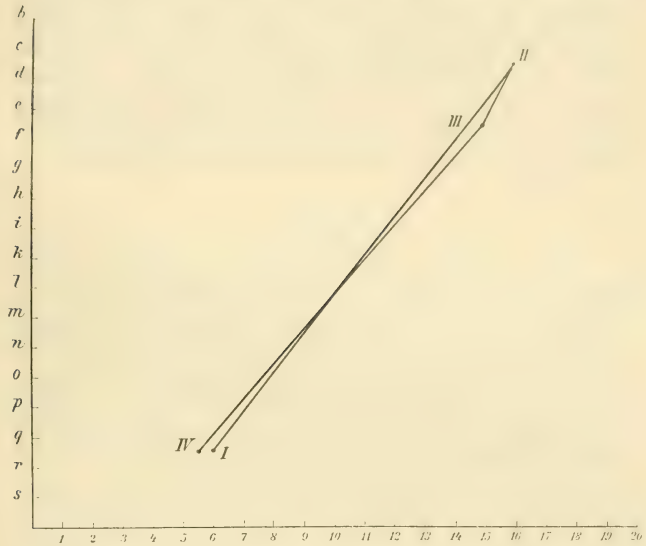
Es ist daher wahrscheinlich, daß alle Fluorite doch dasselbe Färbemittel haben und daß dieses unzerstörbar, aber veränderlich beim Erhitzen in Gasen, bei der Radiumbestrahlung und bei Einfluß der ultravioletten Lichtstrahlen sei.

Von den Flußspäten ist der rote am wenigsten veränderlich durch Radium, leichter jedoch gelber, grüner. Violetter verhält sich nicht einheitlich, der tiefdunkle Flußspat von Derbyshire wird nicht verändert, andere jedoch mehr. Alle veränderlichen Flußspäte neigen zu grünlichblau. Die erhaltenen Färbungen sind sehr labil, verändern sich schon spontan, bei gelindem Erwärmen, durch Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd und sehr stark unter dem Einfluß des ultravioletten Lichtes.

Stabiler sind die natürlichen Farben des Fluorits, sie können aber nur bis 220° bestehen, die Steine zerspringen dann und werden farblos. Entfärbte Fluorite sind durch Radium

leichter verfärbbar als natürliche. Ultraviolette Strahlen wirken nicht sehr stark auf letztere, wohl aber auf durch Radium gefärbte.

Welches der Farbstoff des Fluorits ist, läßt sich aber doch nicht mit Bestimmtheit sagen, denkbar wäre, daß durch Radium eine Ionisation stattfindet und daß sich vielleicht kolloidales



I bis II Färbung durch Radium.
II bis III spontane Verfärbung.
III bis IV Verfärbung durch Bogenlicht.

Fig. 1.

Calcium bildet, aber es wäre auch möglich, daß sich ein Suboxyd von grünblauer Farbe bildet, das durch ultraviolette Strahlen oder durch Wärme, durch Oxydation im allgemeinen wieder zerstört wird; jedenfalls ist eine organische Substanz nicht möglich; es muß aber angenommen werden, daß das Färbemittel ein sehr labiler Stoff ist, was für ein kolloïdales Metall spricht.

Rubin.

Was die Korundvarietäten anbelangt, so ist der künstliche Rubin, welcher nur durch Chromoxyd gefärbt ist, ganz unbeeinflußbar durch Radium- oder ultraviolette Strahlen. Bei den natürlichen Rubinen von Ceylon und vom Ural, welche einen Stich ins Violette haben, wirken die Radiumstrahlen in der Richtung, das reine Rot herzustellen, während ultraviolette Strahlen im Gegensatz dazu das Violett wieder hervortreten lassen; ein roter Rubin wurde stark violett gefärbt. Es scheint also, daß die Färbung der künstlichen Rubine durch Chrom allein, doch nicht mit der der natürlichen zusammenfällt; in letzterem ist vielleicht noch ein zweiter Farbstoff enthalten.

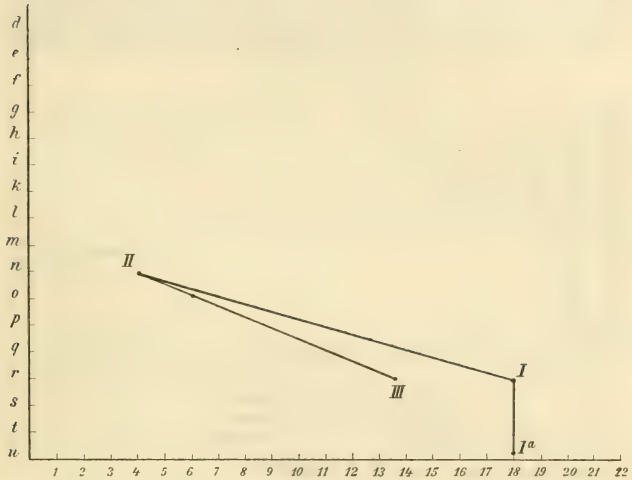
Saphir.

Saphire verhalten sich verschieden. Die meisten Ceylon-Saphire und die uralischen wurden durch Radium gelb bis braun gefärbt, je nach der Stärke des Präparats und der Dauer der Einwirkung. Durch ultraviolette Lichtstrahlen wird die ursprüngliche Farbe zwar nicht ganz hergestellt, der Saphir wird jedoch blaßblau, jedenfalls heller; indessen ist es nicht ausgeschlossen, daß bei sehr langer Einwirkung doch die ursprüngliche blaue Farbe wiederkehren konnte.

Die zweite, seltene Art von Saphiren, zu der vereinzelte, tiefdunkelblaue Saphire von Ceylon (nach Miethe der Birma-Saphir) und der Saphir von der Iserwiese gehören, wird nicht gelb, sondern verändert nur schwach die Farbe in dem Sinne, daß die blaue Färbung verschieden intensiv wird. Grünblaue Saphire werden mehr grüngelb, braunvioletter wird mehr braun.

Was das Färbemittel ist, läßt sich vorläufig nicht sagen, vielleicht sind es labile, unbekannte Chromoxyde, wahrscheinlich ist in den wenig veränderlichen, dunklen Saphiren noch ein zweites Färbemittel vorhanden, in den veränderlichen vielleicht auch eine durch Ionisation veränderliche Metallverbindung oder ein Metall wie bei Fluorit, Steinsalz; in den dunkelblauen Saphiren dürfte vielleicht am ehesten eine isomorphe Chromverbindung zu suchen sein, da sie sich wenig verändern.

Vergleicht man Rubin und Saphir, so fällt die große Stabilität der Färbung des ersten gegenüber der geringen des Saphirs auf, die violetten Rubine scheinen dazwischen zu liegen und so verschwindet die violette Färbung dieser, um der stabilen roten Platz zu machen. Es ist daher wahrscheinlich, daß diese sowohl das stabile, durch Chrom erzeugte Färbe-



I bis II Änderung durch Radium.
II bis III » » Bogenlicht.
I bis Ia » » Erhitzen.

Fig. 2.

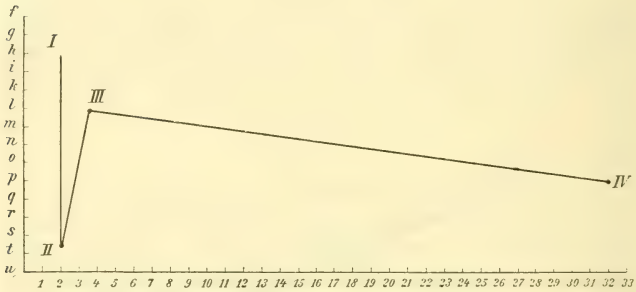
mittel neben dem labilen des Saphirs enthalten. Die dunklen, seltenen, unveränderlichen Spahire nähern sich den Rubinen.

Turmalin.

Die Turmaline verhalten sich sehr verschieden. Einheitlich gefärbte Turmaline scheinen sehr widerstandsfähig zu sein; so wird grüner Turmalin weder durch Radium- oder Röntgenstrahlen verändert und auch Erhitzen scheint nicht von Einfluß zu sein.

Auch braune Turmaline ändern sich wenig. Pfirsichblütenfarbener Lithiumturmalin wurde durch Röntgen- und Radiumstrahlen nicht verändert, wohl aber durch Erhitzen in Gasen verschieden gefärbt.

Anders verhalten sich diejenigen Turmaline, die an ihren verschiedenen Teilen verschiedene Farben zeigen, hier treten durchwegs Veränderungen auf. Rosa Turmalin wird mehr gelb bis orange, ein orangefarbener mehr braungelb; in einem anderen Falle war ein rosa Turmalin nach 3 Monaten stärker



I bis II Färbung durch Glühen.
II bis III » » Radium.
III bis IV » » Bogenlicht.

Fig. 3 (Hyazinth).

rosa geworden und nicht gelb, im allgemeinen verschwindet die farblose Schicht.

Ein sogenannter Mohrenkopf, der ein schwarzes Ende hatte, sonst aber fast farblos mit zartem gelben Stich, wird durch Radium rosa, durch ultraviolette Strahlen mehr carmin. Erwärmen bis 90° hat wenig Einfluß.

Farblose Schichten zwischen gefärbten eingelagert, schienen von diesen Farben aufzunehmen, was auf eine Diffusion im festen Zustand hinweist, jedenfalls sind aber in derartigen Turmalinen verschiedene Färbemittel, die auch chromatisch sich neutralisieren.

Bei Turmalin werden wir diejenigen Stoffe als Färbemittel heranziehen, die als isomorphe Beimengung

an der Zusammensetzung dieser Turmaline teilnehmen. Daher verändern sich einheitlich gefärbte Turmaline auch gar nicht oder nur in Spuren.

Zirkon.

Gelbgrüne Zirkone werden durch Radium wie auch durch ultraviolette Strahlen wenig verändert. Bläulichgrüner Zirkon wird durch Radium etwas mehr blau.

Hyazinth (Fig. 3).

Hyazinth wird durch Radium wenig mehr geändert; durch Glühen bei Luftzutritt farblos oder blaß gewordener Hyazinth nimmt unter dem Einfluß der Radiumstrahlen wieder seine ursprüngliche Farbe an. Erwärmen macht ihn wieder blässer, dieselbe Wirkung haben ultraviolette Strahlen. Sauerstoff wirkt dem Radiumeinfluß mehr entgegen als Stickstoff. Wasserstoff hat nach Simon keinen Einfluß.

Bei den verschiedenen Zirkonen, namentlich bei grünem und bei braunem, können gewiß verschiedene Färbemittel herangezogen werden, bei ersterem sind es wahrscheinlich die Oxyde des Chroms und des Eisens, bei letzterem halte ich aber, dem Verhalten von Radium- und ultravioletten Strahlen nach, vielleicht eine Färbung durch ein Kolloidmetall nicht für ausgeschlossen, es dürfte durch Radium Ionisation eintreten, die Eisenoxyde allein dürften nicht genügen, um die Verfärbungen zu erklären, wenngleich es immerhin wahrscheinlich ist, daß sie an der Färbung mit teilnehmen.

Topas.

Farbloser Topas wird sowohl durch Röntgen- als auch durch Radiumstrahlen hellgelb gefärbt mit Stich ins Orangefarbene, ultraviolette Strahlen wirken in entgegengesetztem Sinne.

Gelber brasilianischer Topas wird durch Röntgenstrahlen und viel mehr noch durch Radiumstrahlen orangegelb gefärbt. Ultraviolette Strahlen stellen die ursprüngliche Farbe wieder her. Auch durch Glühen entfärbter Topas wird wieder orange durch Radium.

Im Sauerstoffstrom erhitzt, wird Topas rosa, im Stickstoffstrom mehr lila. Radium verwandelt auch diese Farben in orange und ultraviolette Strahlen geben wieder die ursprüngliche Farbe. Eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Verhalten des Saphirs liegt vor. Jedenfalls ist weder organische Substanz noch Chrom vorhanden, wir haben hier eher an eine Färbung wie bei den Quarzen (Flußspaten) zu denken.

Quarze.

Was die Quarzvarietäten anbelangt, so sehen wir, daß Amethyst sich doch etwas verschieden verhält. Amethyst wird niemals unter dem Einfluß von Radium braun, während alle anderen, Rosenquarz, Citrin, Rauchquarz, Bergkrystall, sich mit verschiedener Geschwindigkeit gelbbraun bis schwarzbraun färben, wobei am langsamsten die Färbung des farblosen Bergkrystalls vor sich geht. Ultraviolette Strahlen wirken bei den verschiedenen genannten Varietäten mit verschiedener Geschwindigkeit mehr in entgegengesetztem Sinne wie Radium, der Bergkrystall am schnellsten, Rauchquarz und Rosenquarz langsamer.

Amethyst wird weder durch Radium- noch durch ultraviolette Strahlen stärker beeinflußt, steht also außerhalb der Reihe. Bei Amethyst könnte man an Mangan- oder Eisenverbindungen denken.[1] Rauchtopas, Citrin, Rosenquarz dürften in sehr ähnlicher Weise gefärbt sein, vielleicht durch dasselbe Mittel in verschiedenen Verdünnungen. Wir sehen, daß Sauerstoff der Ionisation entgegenwirkt und daß Wasserstoffsuperoxyd an den Kanten die Radiumfarbe zum Verschwinden bringt. Es scheint also Sauerstoff der Färbung entgegenzuwirken, was auf Ionisation deutet.

Es dürfte vielleicht ein Zusammenhang mit dem im Quarz bestehenden fein verteilten Natriumsilikat vorhanden sein, denn wie aus den Arbeiten von Warburg und Tegetmeyer bekannt ist,[2] enthalten Bergkrystall und Rauchquarz fein verteiltes Natriumsilikat, das elektrisch ziemlich stark leitet. Möglicher-

[1] Vgl. auch Simon, l. c.

[2] Annalen der Physik, 1887, Bd. 32; 1888, Bd. 33; 1890, Bd. 41.

weise tritt durch Radium eine stärkere Ionisierung und Bildung von kolloïdalen Metallen ein, die in feiner Verteilung die Farbe erzeugen könnten.

Smaragd und Aquamarin.

Die Änderungen von Smaragd und Aquamarin sind nicht sehr groß. Smaragd wird beim Erhitzen unter Luftzutritt heller, bei Temperaturen von 500° war der Unterschied gering, bei 1200° wird er fast farblos. In reduzierenden Gasen widersteht er der Entfärbung.

In Radium ist die Wirkung keine bedeutende. Smaragd wird mehr rein grün, erhitzter Smaragd wird wenig dunkler. Im ultravioletten Lichte verändert sich durch Radium behandelter Smaragd wenig.

Aquamarin wird in Radium etwas heller und mehr bläulich, Röntgenstrahlen machten ihn mehr bläulich.

Im ultravioletten Lichte ändert sich durch Radium bestrahlter Aquamarin nicht. Bei diesen Beryllvarietäten wird man vielleicht an isomorphe Chromverbindungen als Färbemittel zu denken haben; jedenfalls sind es sehr stabile Farbstoffe.

Lithiumaugit $LiAlSi_2O_6$.

Hiddenit wird durch Erhitzen im Tiegel dunkler. Radium macht etwas heller; dieselbe Einwirkung haben ultraviolette Lichtstrahlen.

Kuntzit wird durch Radium grün, nimmt die Farbe des Hiddenit an, durch ultraviolette Strahlen wird er wieder violett wie früher, Glühen entfärbt ihn. Radium färbt ihn wieder grün.

Das Färbemittel beider ist wahrscheinlich dasselbe, doch läßt sich darüber nichts sagen, vielleicht liegt hier Chrom und Eisen vor, wogegen allerdings die labile Färbung spricht, vielleicht auch ein kolloïdales Metall.

Barytgruppe.

Wir wissen, daß es in der Natur gefärbte Baryte, namentlich aber schöne blaue Coelestine ($SrSO_4$) gibt. Dieselbe Farbe

wurde durch Radium bei Baryt hervorgebracht. Bogenlicht wirkt dem Radium entgegengesetzt. Von Interesse war es, daß auch Anglesit, Coelestin blau werden. Herr Dr. Himmelbauer hatte diese Mineralien der Radiumbestrahlung unterworfen und sie zeigten ähnliche blaue Färbung. Da die Metalle verschieden sind, so dürfte vielleicht eine Ionisation der Schwefelsäure eine Bildung einer labilen Schwefelverbindung die Färbung verursachen.

Stabilität der Mineralfarben.

Betrachtet man die Stabilität der Farben gegenüber den verschiedenen Agentien, z. B. Gasen, Radiumbestrahlung, ultravioletten Lichtstrahlen, so findet man, daß gewisse Stoffe sehr stabile Farben haben, andere dagegen sehr labil sind. Im allgemeinen sind idiochromatische Körper viel stabiler als dilut gefärbte. Wenn die Farbe eines Stoffes für diesen charakteristisch ist, so wird sie auch stabil sein, vorausgesetzt, daß nicht durch die angewandten Agentien der Stoff selbst umgewandelt wird. Schwefel wurde allerdings etwas verändert, dies kann aber in einer Oxydation seine Ursache haben, vielleicht auch durch beginnende molekulare Umsetzung. Eine Reihe von eigenfärbigen Salzen, Silikate, Carbonate etc. blieb unverändert. Bei isomorpher Beimengung ist die Veränderung gering.

Unter den dilut gefärbten Körpern erscheinen einige sehr stabil zu sein, so der Diamant, der fast gar nicht oder nur sehr wenig reagiert, welche Farbe er auch besitzt, dann ist Rubin auch sehr stabil, bei diesem liegt isomorphe Färbung vor.

Die Gläser haben im allgemeinen wenig stabile Färbung, dagegen sind unter den Mineralien Turmaline, Berylle stabiler.

Äußerst labile Färbungen zeigen die Flußspäte (von denen die dunkelvioletten noch die stabilsten sind), dann, aber weniger, die gefärbten Quarze, gefärbter Baryt.

Man kann immerhin den Schluß ziehen, daß bei stabilen Färbungen stabile isomorphe Metalloxyde, namentlich des Chroms, Eisens, Mangans vorkommen, bei den labilen jedoch können diese weniger in Betracht kommen.

Allgemeine Folgerungen.

Noch sind wir weit entfernt davon, die Natur der Mineralfarben mit Sicherheit bestimmen zu können, dazu müssen verschiedene Untersuchungsmethoden, insbesondere auch die Spektralanalyse, sowie synthetische Methoden herangezogen werden. Nur so viel läßt sich sagen, daß die organischen Färbemittel kaum eine Rolle spielen. Aber auch die entgegengesetzte Ansicht Weinschenk's, daß die seltenen Erden es sind, dürfte sehr einzuschränken sein. Bei Diamant dürfte vielleicht Uran, Titan (bei den braunen) eine Rolle spielen, aber im allgemeinen sind Eisen-, Chrom- und Manganoxyde viel wahrscheinlicher.

Eine Hypothese, welche noch wenig Beachtung fand, ist die, ob nicht, wie bei Steinsalz, manche Färbemittel durch Spuren von kolloidalen Metallen gegeben sind und ob Radium nicht durch Ionisierung die Färbungen verursacht, jedenfalls scheinen die meisten Mineralfarben wenigstens bei dilut gefärbten Stoffen labiler Natur zu sein, andrerseits können auch labile, uns nicht näher bekannte Suboxyde in Betracht kommen. Von den idiochromatischen Stoffen mag natürlich hier abgesehen werden.

Im allgemeinen wissen wir eigentlich so gut wie gar nichts über die Einwirkung des Radiums; daß oft eine reduzierende Wirkung vorliegt, ist denkbar, Sauerstoff scheint nach den Versuchen, die p. 1288 erwähnt wurden, diese Wirkung jedenfalls zu schwächen, während Stickstoff wenig Wirkung hat (auch Wasserstoff nicht, nach Simon).

Den ultravioletten Strahlen können wir einen oxydierenden Einfluß zuschreiben und ist er, wie der Einfluß von Sauerstoff, vielfach der Radiumwirkung entgegengesetzt. So einfach wird aber der Prozeß nicht immer verlaufen.

Wichtig war es zu konstatieren, daß auch Wasserstoffsuperoxyd wirkt, obgleich wegen der niederen Temperatur die Einwirkung nur die äußeren Schichten trifft oder dort, wo Sprünge das Eindringen erleichtern, Oxydation scheint aber zumeist der Einwirkung des Radiums mehr oder weniger entgegenzuwirken.

Es können aber komplizierte Prozesse mitspielen, tatsächlich sahen wir auch, daß ultraviolette Strahlen oft gar keinen Einfluß haben oder wenn, dann selten im gleichen Sinne wirken wie Radiumstrahlen.

Vor allem sehen wir, daß Radium und ultraviolette Strahlen eigentlich nur bei diluten Mineralien stark wirken, bei idiochromatischen entweder gar nicht oder nur wenig, dann scheint es sehr viel von der Verbindung abzuhängen. Chromalaun wird leicht verändert, ebenso wie Eisenvitriol, Chromsilikat fast gar nicht. Bei durch Chrom gefärbten Körpern haben wir große Verschiedenheiten, obzwar gerade das Boraxglas, mit Chromgrün gefärbt, von Radium schnell verändert wird, aber schon Chromsilikat wird fast gar nicht verändert. Rubin enthält wie Smaragd vielleicht das Chrom als isomorphe Beimengung und in einem solchen Falle ist die Änderung sehr gering.

Die Änderung ist bei dilut gefärbten Stoffen immer am größten; bei chemischen Verbindungen, deren Farbe durch die Art der Verbindung bewirkt wird, ist sie gering oder Null, wie die p. 1284 erwähnten Beispiele beweisen.

Was nun die Einwirkung der Wärme anbelangt, so hängt sie bei natürlichen, unveränderten Mineralien zum Teil von den Gasen ab, in welchen erwärmt wird, während in anderen Fällen das nicht der Fall ist. Betrachten wir diese allein, so finden wir in den meisten Fällen mit verschiedenen Gasen verschiedene Farbenänderung, insbesondere wenn man auch die feineren Nuancen berücksichtigt und auch die Leichtigkeit, mit welcher die Farben sich verändern, welche durch die Geschwindigkeit, mit welcher die Reaktion eintritt, ausgedrückt wird. So wurde bereits erwähnt, daß zur Entfärbung eines Smaragdes, eines Saphirs in Sauerstoff oder in reduzierenden Gasen verschiedene Zeit und verschieden hohe Temperatur nötig ist. Es gibt allerdings Fälle, wo die Gase keinen Einfluß haben, wie z. B. bei Fluorit und bei Rauchquarz. Simon, welcher überhaupt die Ansicht vertritt, daß nur Wärme wirkt, hat hauptsächlich mit solchen Stoffen zu tun gehabt, bei welchen das Gas geringen Einfluß hat, doch hat auch er bei rosa Turmalin verschiedene Resultate mit Sauerstoff und mit Wasserstoff erhalten (p. 290).

Die Resultate sind also teils bei allen Gasen dieselben, teils zeigen sich Verschiedenheiten. Ich habe mich in der ersten Mitteilung dagegen ausgesprochen, daß man immer die Erwärmung allein als Ursache der Änderung betrachten soll. Wie aus den Versuchen p. 1292, 1302 hervorgeht, spielen die Gase doch oft eine Rolle. Leider lassen sich Versuche der Einwirkung von Gasen ohne Erwärmung nicht gut ausführen, da Mineralien nicht permeabel sind.

Dort, wo kleine Temperaturerhöhungen auf 90° schon Änderungen herbeiführen, wird man wohl die Wärme nicht als Hauptursache anführen können, das ist jedoch nur in seltenen Fällen möglich gewesen, bei manchen Boraxgläsern und bei Fluorit, andere Mineralien bleiben unberührt und auch ein Silikatglas veränderte sich nicht.

In Versuchen von W. Hermann[1] hat meine Ansicht eine Stütze, aber auch Simon,[2] welcher der Ansicht ist, daß die Gase keinen Einfluß haben, erwähnt Beispiele von Turmalin, bei dem Sauerstoff und Wasserstoff verschieden wirkten.

Der Unterschied bei Einwirkung verschiedener Gase tritt deutlicher hervor, wenn man die Grade der Farbenänderung genauer berücksichtigt und auch die Intensität, auf welche die Farben sich ändern, sowie die Geschwindigkeit, mit welcher die Reaktion eintritt. So wurde bereits erwähnt, daß die Entfärbung von Saphir, Hyazinth in verschiedenen Gasen nicht in der gleichen Zeit vor sich geht.

Andrerseits darf nicht vergessen werden, daß mancher Flußspat seine durch Radium erhaltene Farbe ohne jede Erwärmung und ohne Lichteinwirkung wieder verliert, wahrscheinlich wirkt hier der Sauerstoff der Luft, auch Wasserstoffsuperoxyd kann oberflächlich wirken.

Versuche durch Erhitzen der im Vakuum befindlichen Mineralien wären notwendig.

Es scheint zweierlei Körper zu geben, solche, wie die Quarzvarietäten, bei welchen die Erhitzung in verschiedenen Gasen immer dasselbe Resultat gibt, und solche, bei denen die Gase verschiedene Resultate geben.

[1] Zeitschr. f. anorgan. Chemie, *60*, 1908.

[2] N. Jahrb. f. Mineralogie Beil., *26*, 1908.

Was nun die ursprünglichen Färbungen der Mineralien anbelangt, so scheinen sie etwas mehr durch die Gase beeinflußt zu werden, als die durch Radium verursachten Färbungen.

Daß Mineralfarben in verschiedenen Gasen dadurch sich verschieden ändern, daß verschiedene Oxyde sich bilden, ist leicht begreiflich und wird bei den Boraxgläsern seit langer Zeit benutzt, wie auch in der Glasfabrikation.

Stoffe, die bei Temperaturerhöhung in verschiedenen Gasen dasselbe Resultat geben, wie Rauchquarz, Fluorit, müssen ein für höhere Temperatur sehr labiles Färbemittel haben und das scheint auch bei manchen Radiumfarben der Fall zu sein. Nehmen wir an, die bei Rauchquarz durch Radium hervorgebrachte Färbung beruhe auf einer Bildung von Natrium oder Silicium, so würde ein Erhitzen sowohl in Sauerstoff als Stickstoff oder Wasserstoff eine Verbindung erzeugen können und dadurch die Farbe zum Schwinden bringen, Radium könnte die Ionisierung wieder herstellen.

Betrachten wir solche Mineralien, welche sowohl farblos als auch gefärbt in der Natur vorkommen, so liegt es nahe, nachzuforschen, ob bei dieser Färbung auch das Radium eine der Ursachen dieser Färbung ist. Dabei werden wir nur die dilut gefärbten Mineralien ins Auge fassen müssen.

Manche Quarze werden durch Radium gelb bis braun gefärbt, je nach der Zeit und Menge von Radium wird die Farbe verschieden sein können. Allerdings ist es nicht festgestellt, ob alle Quarze diesem Färbungsprozeß unterliegen.

Was die Stabilität der Radiumfarben anbelangt, so sehen wir, daß in vielen Fällen diese Farben unstabil sind, von selbst wieder schwinden oder bei ganz geringer Temperaturerhöhung, durch Einfluß von ultravioletten Strahlen schwinden. Solche Farben dürften daher in der Natur nicht durch Radium entstanden sein, wo aber die Farbenänderung stabiler ist, wie bei Rauchquarz und gelbem Saphir, dürfte man eher geneigt sein, anzunehmen, daß die betreffenden Mineralien in der Natur dem Radium ihre Farbe verdanken, obzwar der Fall vielleicht nicht häufig sein dürfte.

Jedenfalls dürften alle braun gefärbten Quarze, bei welchen durch Erhitzen oder durch Bogenlicht die Farbe verloren

worden, diese Farbe unter dem Einfluß des Radiums wieder erhalten.

Es wäre von Interesse nachzuspüren, ob das Vorkommen von Rauchquarzen stets gebunden ist an das Vorkommen von solchen Mineralien, die Radium abgeben können, insbesondere uranhaltigen, thor- oder blei-, wismuthaltigen, wie es bei einigen Vorkommen auch wirklich der Fall ist.

Jedenfalls dürfen wir Citrine und Rauchquarze als durch geringe Mengen an Radium entstanden denken, dagegen ist es bei Amethyst zweifelhaft, bei Rosenquarz scheint nach dem bisher bekannten Verhalten der Schluß begründet, daß Radium entweder nicht vorhanden war oder daß seine Färbung nur mit Spuren von Radium in Zusammenhang steht, da ja auch Rosenquarz durch Radium braun wird.

Bei Saphir fällt das früher besprochene verschiedene Verhalten einzelner Saphire auf, viele werden durch Radium gelb, andere wieder nicht, möglicherweise liegen verschiedene Farbstoffe vor. Von den Saphiren haben wir immerhin anzunehmen, daß die gelben unter dem Einfluß des Radiums entstanden sind, es wäre auch hier von Interesse zu untersuchen, ob mit ihnen radiumhaltige Mineralien vorkommen.

Da viele der behandelten Edelsteine bei höherer Temperatur ihre Farbe verlieren, könnten wir schließen, daß diese nicht bei hohen Temperaturen entstanden sein können, allerdings dürfte bei Korund, Zirkon auch der Druck der Gase mitspielen und es ist leicht möglich, daß bei Anwesenheit gewisser Gase unter Druck die Entfärbung wenigstens bei mittleren Temperaturen nicht vor sich geht. Viele der erwähnten Edelsteine stammen aus Tiefengesteinen, bei denen ja die Temperaturerhöhung sicher ist, und blauer Saphir kommt sogar in Basalt vor; die Ursache, daß diese nicht entfärbt wurden, wird wohl in den Gasen zu suchen sein. In manchen Fällen, wie bei Rauchquarz, kann eine nachträgliche Färbung durch Radium möglich sein. Jedenfalls sind die Färbungen der Mineralien auch von Interesse für ihre Genesis.

Über die Geologie einzelner Teile der argentinischen Anden

von

H. Keidel.[1]

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Oktober 1908.)

Buenos Aires, den 28. März 1908.
Maipu 1241.

Ich habe meine Reise in San Rafael, am Rio Diamante, begonnen, die Sierra Pintada in südlicher Richtung gekreuzt und einige Wochen in dem Randgebiete der hohen Kordillere am Rio Atuel gearbeitet. Dann bin ich über Cañada Colorada, den Rio Grande und den Rio Barrancas nach Chos Malal gegangen. In Neuquen habe ich einen Teil des Gebietes zwischen dem Rio Neuquen und dem Rio Barrancas genauer untersucht und bin dann über den Paso de las Lagunas Epu-Lauquen (36° 50') nach Chile gereist.

Die Sierra Pintada besteht aus mesozoischen Eruptivgesteinen, deren Tuffen und Breccien, namentlich aus Quarzporphyr. Dann findet man andesitische Gesteine und als jüngste Bildungen dunkle basische Gesteine, wahrscheinlich Trappbasalte. Die Unterlage dieser mächtigen Gesteinsfolge ist aus graugrünen Phylliten und Grauwacken zusammengesetzt. Es sind dieselben Gesteine wie in der Vorkordillere nördlich vom Rio de Mendoza. Es ist kein Zweifel darüber, daß sie auch hier, in der Sierra Pintada, paläozoisches, sehr wahrscheinlich devonisches Alter haben. Man findet zahlreiche Gerölle davon in den fluviatilen Bildungen vor dem östlichen unregelmäßig verlaufenden Rande der Sierra Pintada und das

[1] Briefe an das w. M. E. Suess.

anstehende Gestein in den tief eingeschnittenen trockenen Furchen, an Stellen, wo Verwerfungen vorkommen.

Der Bau der Sierra Pintada ist im einzelnen schwer zu erkennen; man sieht aber, namentlich in der Nähe des tiefen Durchbruches des Atuel, daß es sich um flache, vielfach zerstückelte Gewölbe handelt. Eine besonders hervortretende Streichrichtung habe ich nicht gesehen. Die Neigung der zerschnittenen Gewölbeflügel hängt, wie es scheint, hauptsächlich von der Richtung der Verwerfungen ab.

Die Querschnitte durch den östlichen Abfall der Sierra Pintada zeigen sowohl in der Zusammensetzung als auch im Bau eine überraschende Ähnlichkeit mit den Querschnitten in der östlichen Abdachung der Hauptkordillere zwischen dem Rio de Mendoza und dem Rio de los Patos. Man glaubt südlich von San Rafael dieselben Querschnitte zu sehen wie bei Tambillos und bei Bellavista. Ich wußte, als ich den Brief im Lager von Challao schrieb, noch nicht, daß die mesozoischen Eruptivgesteine in der östlichen Abdachung der Hauptkordillere viel mächtiger und weiter verbreitet sind als die Sedimente.

Man kann sagen, daß die bunten mesozoischen Eruptivgesteine von Uspallata im Süden, in dem östlichen Rande der Sierra Pintada wieder sichtbar werden, daß also der eigentliche Rand der Kordillere hier und nicht bei Cañada Colorada zu suchen sei. Wenn dies richtig ist, so ist es in der Tat sehr wahrscheinlich, daß der größte Teil der Vorkordillere schon zum Vorland gehört, und daß das Vorland dort emportaucht, wo auch die jungen fluviatilen Bildungen heftig gestört, die Bewegungen der letzten Phase also besonders stark gewesen sind.

Ich halte die Sierra Pintada nicht für einen abgelenkten Ast. Man sieht südlich von der Laguna Llancanela, daß sie der wahre Rand des Gebirges ist.

Ich habe die von Burckhardt beschriebene Schichtenfolge der mesozoischen Sedimente sowohl am Atuel als auch bei Cañada Colorada untersucht. In dem hohen Teile des Gebirges sind die Sedimente stark gefaltet; sie enthalten mächtige Massen von Diorit. Dann folgt im Osten die Zone der weiten Gewölbe und Mulden, die besonders gut westlich von

Cañada Colorada und am Loncoche zu sehen sind. Burckhardt hat aus dem sehr einfachen Bau dieser Außenzone geschlossen, daß der Bau der ganzen Kordillere einfach sei. Daß dies ein Irrtum ist, sieht man schon am Atuel, aber an Stellen, die Burckhardt nicht besuchen konnte.

In der Umgebung der Zweigtäler des Arroyo Manga liegt eine mächtige Folge von Agglomeraten, Laven und Tuffen andesitischer und trachytischer Gesteine diskordant über den steil gestellten und zum Teil überkippten Sedimenten der Faltenzone, konkordant aber über den braunen Bildungen in der Zone der Mulden und Gewölbe. Die Konkordanz ist weiter südlich: am Loncoche, bei Agua voada und auf der linken Seite des Rio Grande auf einer sehr großen Fläche deutlich sichtbar.

Die Mulden und Gewölbe der Außenzone sind also jünger als die Falten in dem hohen Teile des Gebirges; sie sind angegliedert worden. Die Faltenzone hat dabei posthume Bewegungen erlitten. Die andesitischen Gesteine erscheinen dort in Höhen von 3000 bis 4000 *m* in flachen Mulden mit steil abbrechenden Rändern.

Die Gewölbe der Außenzone sind südlich von der Laguna Llancanela sehr breit und hoch. Nördlich vom Vulkan Payén erreicht das Gebirge eine Höhe von 2700 *m*.

Hier lagen in der zweiten Hälfte des Dezember noch große Firnflecken. Die Zone der Gewölbe und Mulden wird südlich von der Laguna Llancanela erst östlich vom Cerro Nevado und östlich vom Payén durch die Pampa begrenzt. In ihrer nördlichen Fortsetzung trifft man auf beiden Seiten des Atuel junge Aufschüttungen und abflußlose Gebiete, darunter die Salare, die Wehrli erwähnt. Ich glaube, daß auch nördlich vom Rio Colorado nicht hohe, scharf hervortretende Ketten, sondern allmählich in die Pampa ausklingende Gewölbe vorkommen, wie zwischen dem Rio Colorado und dem Rio Neuquen.

Diese Verhältnisse lassen also keinen Zweifel darüber, wo der wahre Rand der Kordillere zu suchen sei.

Es ist beachtenswert, daß alle großen Querschnitte der Anden zwischen dem Rio de los Patos und dem Rio Atuel in den Hauptzügen dasselbe Bild der Verbreitung der verschiedenen Gesteine zeigen. Im Westen liegt die so ausgedehnte

und einförmige Folge der Porphyrite, ihrer Breccien und Tuffe, an vielen Stellen durch mächtige Massen von Diorit durchbrochen. Sie reicht im Norden bis an die Wasserscheide und greift im Süden mehr und mehr auf argentinisches Gebiet über. In dem nördlichen Teile von Neuquen ist ihre östliche Grenze fast genau durch den oberen Lauf des Rio Neuquen bezeichnet. Dann folgt im Osten eine Zone von Sedimenten, die, am breitesten in Neuquen, sich nach Norden sichtbar verschmälert.

Wo sie im Norden, in der Breite des Aconcagua und weiter nördlich, am schmalsten ist und die größten Störungen darin vorkommen, ist der östliche Streifen der mesozoischen Eruptivgesteine, Breccien und Tuffe am breitesten. Dieser Streifen verschwindet sehr wahrscheinlich südlich vom Atuel. Auf beiden Seiten des Rio Colorado ist Kreide weit verbreitet.

Die ältesten Bildungen der Sedimentzone sind die zuerst von Roth bei Piedra Pintada entdeckten wechsellagernden marinen und terrestren Schichten der mittleren und oberen Lias. Ich habe die pflanzenführenden Schichten dieser Bildungen auch in der Umgebung des Atuel und in weiter Verbreitung auf der linken Seite des Oberlaufes des Rio Neuquen gefunden. Fast überall, wo sie auftreten, kommt auch die durch Burckhardt von Piedra Pintada und vom Atuel beschriebene Zweischaler- und Brachiopodenfauna vor. Auch in Neuquen findet man Amaltheus spinatus darin und darüber folgen die Posidonienschiefer.

Überall kommt in diesen Schichten Quarzporphyr vor oder dessen Tuffe oder Sandsteine, die zum Teil daraus entstanden sind, wie der gelbe Sandstein am Atuel. Auf der linken Seite des Rio Neuquen sind es hauptsächlich Tuffe und Breccien. Sie setzen hier, in der Cordillera del Viento, den innersten Teil der Umhüllung einer mächtigen Granitlakkolithen zusammen. An anderen Stellen: bei Cañada Colorada, bei Malargüe und am Rio Grande reicht der Quarzporphyr bis in den unteren Dogger.

Man kann also sagen, daß auf einer sehr großen Fläche der untere Jura durch Quarzporphyr, durch dessen Tuffe und Breccien und durch wechsellagernde marine und terrestre Schichten vertreten sei. Man könnte, wenn die marinen Fossilien

nicht wären, meinen, die Schichtenfolge des Rhät vor sich zu haben, die am Paramillo über 1000 *m* mächtig ist und hauptsächlich aus Quarzporphyrtuffen besteht.

Ich habe alle Horizonte wiedergefunden, die Bodenbender und Burckhardt am Atuel und bei Cañada Colorada angetroffen haben; ich habe sie zum Teil genauer untersucht.

Ich möchte vor allem erwähnen, daß die Kreide vom Rio Diamante südwärts bis über den Rio Grande hinaus genau wie die Formación petrolífera aussieht. Man sieht am Arroyo Manga, bei Cañada Colorada, am Loncoche dasselbe bunte Bild wie in der Höhe des Gebirges östlich von Humahuaca und an vielen Stellen des Gebirgsrandes in Salta und Tucuman. Man findet auch dieselbe Zusammensetzung: hauptsächlich rote Sandsteine, Konglomerate, helle, gelblich oder grünlich gefärbte Mergel und dolomitische Gesteine.

Die lebhaft roten Sandsteine, die über den Schichten mit Cardita morganiana liegen und nach oben in braune Bildungen übergehen, sind ganz dieselben Gesteine wie die roten Sandsteine, die in dem nördlichen Teile von Mendoza und in San Juan am östlichen Rande der Vorkordillere und in der Vorkordillere an den meisten Stellen über dem Rhät liegen und auch dort in braune andesitführende Gesteine übergehen.

Wenn man sich der Stelle nähert, wo sich der Rio Grande und der Rio Barrancas zu dem Rio Colorado vereinigen, so sieht man, daß sich die Beschaffenheit der Kreidebildungen ändert. Die mächtigen roten Sandsteine, die im Norden wahrscheinlich noch einen Teil des Neocom vertreten, sind ganz verschwunden und an ihrer Stelle findet man die dunklen, grauen und graugelben, oft sehr fossilreichen Schiefertone und Mergel und die gelblichen und grünlichen Sandsteine, die in Neuquen in großer Gleichmäßigkeit verbreitet sind.

Es scheint, daß dieser Facieswechsel östlich vom Rio Grande schon weiter nördlich, vielleicht schon auf der nördlichen Seite des Vulkans Payén eintritt. Ich kann aber darüber nichts Sicheres sagen. Die Facies von Neuquen ist jedenfalls nördlich vom Rio Colorado und östlich vom Rio Grande schon in einer

Breite vorhanden, wo auf der rechten Seite dieses Flusses noch die roten Sandsteine des Neocom vorkommen.

Die Bildungen des Oxford und des Tithon sind die beständigsten und am weitesten verbreiteten Glieder der jurassischen Schichtenfolge. Das Oxford besteht überall hauptsächlich aus roten Bildungen, aus Sandstein und Mergel, die an den Buntsandstein erinnern und an zahlreichen Stellen so viel Bestandteile von Quarzporphyr aufnehmen, daß sie zu roten und gelbbraunen Tuffen werden. Dolomitische Kalke oder Mergel mit Oppelia und Perisphinctes liegen an der Basis der bunten Bildungen, die 300 bis 500 *m* mächtig werden; sie werden in Neuquen von den fossilreichen dunklen Schiefern des Callovien, durch den oberen Gipshorizont oder durch ein diesen Horizont vertretendes Konglomerat aus Eruptivgesteinen getrennt.

Das Tithon zeigt nahezu überall dieselbe Beschaffenheit. Es besteht aus dunklen blättrigen und plattigen Schiefern mit großen Kalkbroden und enthält die von Steuer beschriebene Fauna. Das Tithon ist das beständigste Glied. Herr A. E. Stegmann, der frühere Chef einer der Grenzkommissionen, hat mir gesagt, daß er am Rio Baroso, einem Nebenfluß des Rio Diamante auf dessen rechter Seite, zahlreiche Ammoniten gesehen habe. Hier handelt es sich entweder um Callovien oder, was viel wahrscheinlicher ist, um Tithon. Herr Dr. F. Reichert hat in diesem Sommer tithonische Fossilien noch weiter im Norden, an der Pollera, gefunden.

Nun muß man beachten, daß die starken Störungen, nämlich Überschiebungen, stark gepreßte und überkippte Falten, fast nur in der Zone der mesozoischen Sedimente vorkommen, daß dagegen in den beiden im Westen und Osten liegenden Zonen der Eruptivgesteine die flachen Gewölbe und Mulden vorherrschen. Ungefähr in der Breite, wo der östliche Zug der Eruptivgesteine verschwindet, der Faciswechsel in der Kreide auftritt, beginnen auch die weiten, angegliederten Gewölbe und Mulden aus der Zeit der zweiten Phase in dem östlichen Teile der Sedimentzone. Ich halte die Überschiebungen bei Puente del Inca für die auf das äußerste Maß getriebenen Wirkungen der Faltung und Stauchung

zwischen den beiden Zonen der mesozoischen Eruptivgesteine. Sowohl auf chilenischer Seite, in dem Tale des Rio Aconcagua, als auch auf argentinischer Seite tritt in den Breccien und Tuffen sehr schnell ruhigere Lagerung ein.

In der Sedimentzone ist das Streichen der Falten am Atuel und weiter südlich meistens Nord—Süd. Es schwankt aber immer ein wenig um den Meridian. Gegen die nördliche Grenze von Neuquen werden die Abweichungen gegen Südsüdost zahlreicher; in Neuquen herrschen sie vor.

Ich habe nie so regelmäßige Falten so gut aufgeschlossen gefunden wie die der Kreidebildungen in der Umgebung von Chos Malal. In demselben Querschnitt sieht man hier nach Westen und Osten überkippte Falten. Manchmal ist der Kopf der Falte sichtbar, oft sieht man auch, wie sie nahe an ihrem Fuße im rechten Winkel umbiegt und dann horizontal liegt. An zwei Stellen habe ich auch gefunden, daß das horizontale Stück zum größten Teil zerstört worden war, so daß nun isolierte ältere Bildungen auf jüngeren lagen, die nicht verquetscht oder ausgewalzt waren. In beiden Fällen hätte man ohne den Zusammenhang an aus Osten gekommene Überschiebungen denken können.

Ich möchte nun noch wichtige Verhältnisse erwähnen. Es handelt sich um das Alter der mächtigen Massen von Diorit, woraus am Atuel einige der hohen Gipfel, wie Sosneado, bestehen und nicht, wie Wehrli will, aus basaltischen Gesteinen; dann um das Alter der Granitlakkolithen, um die basischen Gesteine der zahlreichen jungen Vulkane, vor allem aber um die so ausgedehnten Destruktionsflächen, die mit einer wunderbaren Deutlichkeit sichtbar sind, wie die »interandinen Plateaux«, die Burckhardt beschrieben hat, und die sich zum Teil über Granit ausdehnen.

Einstweilen will ich nur sagen, daß Granit und Diorit doch älter sind als zuletzt angenommen wurde, auch von mir. Sie sind wahrscheinlich alttertiär, vielleicht sogar noch etwas älter. Es ist durch Beobachtungen sicher, daß das weit verbreitete und im allgemeinen jüngste Glied aus der Reihe der andesitischen Gesteine, der Hornblendeandesit, jünger ist als

Granit und Diorit. Die basaltischen Gesteine sind interglazial bis rezent.

Ich glaube, daß es in dem südlichen Teile von Mendoza und in dem Teile von Neuquen, den ich gesehen habe, kein Stück Gebirge gibt, wo nicht einmal eine Destruktionsfläche gelegen hat. An manchen Stellen sind sie noch in völlig ebenen, über 100 km^2 großen Stücken mitten im Gebirge sichtbar. Sie schneiden die Eruptivgesteine ebenso glatt ab wie die Falten der Sedimente. Auch auf chilenischer Seite sind sie in den verhältnismäßig oder ganz trockenen Gebieten noch sehr deutlich sichtbar: bei Santiago, zwischen Limache und Valparaiso in der Küstenkordillere, namentlich östlich von Viña del Mar, in der Kordillere am Oberlaufe des Rio Aconcagua. Besonders faszinierende Beispiele sieht man aber in dem hohen Gebirge auf beiden Seiten des Rio de Mendoza unterhalb von Puente del Inca.

Wenn irgend etwas die allmähliche vertikale Bewegung der Anden beweist, so sind es diese Flächen, die zum Teil jünger sind als die Bewegungen der letzten Phase. Es ist, als ob ein breiter, sehr langer Streifen Landes am pazifischen Ozean mit Ruhepausen immer höher steige. Ich will noch hinzufügen, daß die am tiefsten liegenden Flächen, die breite alte Talböden sind, interglaziales Alter haben. An manchen Stellen liegen darauf Basaltströme und am Arroyo Blanco (Atuel) habe ich auf dem Basalt die Dioritblöcke der Moränen der letzten Vereisung gefunden.

Buenos Aires, den 20. August 1908.

Ich habe noch einmal eine Reise nach Salta und Jujuy unternommen und so viel Neues gesehen, daß ich darüber wie auch über die Rumpfflächen in den südlicher liegenden Teilen des Gebirges einiges mitteilen möchte.

Die großen, zusammen über Tausende von Quadratkilometer ausgedehnten Rumpfflächen kommen nicht nur in Neuquen vor, sondern auch im Norden, in den Vorbergen der Anden an der Grenze des Chaco zwischen Tucuman und Jujuy. Und auch hier sind in der Höhe der Abdachung der hohen Kordillere die alten Rumpfflächen zwischen 4000 und 5000 m fast auf der ganzen Strecke sichtbar.

Die genauere Betrachtung dieser Verhältnisse führt zu wichtigen Ergebnissen. In den heute trockenen Gebieten hat seit langem dasselbe Klima geherrscht ohne wesentliche Abänderungen. Die alten hoch gelegenen Rumpfflächen sind entstanden zwischen den beiden Phasen der Bewegungen. Sie lassen mit Sicherheit einen Teil der alten, präglazialen Oberfläche des Gebirges erkennen und darin eingesenkt erscheint die alte glaziale Abtragungsfläche.

Sie sind ein gutes Mittel, die Stellen der älteren Faltung über einen großen Teil des Gebirges zu verfolgen und sie von den Gebieten der Angliederung zu trennen. Das Gebirge hat seine heutige Höhe nicht durch die Bewegungen der ersten Phase und nur zu einem Teile durch die der zweiten Phase erhalten. Es gibt zwar Gebiete, wo tektonische Bewegungen bis in die jüngste Zeit vor sich gegangen sind und wahrscheinlich auch noch andauern. Hier sind sehr junge Rumpfflächen noch deutlich aufgebogen. In viel größeren Teilen des Gebirges sieht man aber junge Rumpfflächen, die nichts davon erkennen lassen. Diese Flächen, die jünger sind als die Bewegungen der zweiten Phase, liegen im allgemeinen in Höhen zwischen 700 und 2000 *m*; die höheren darunter sind nur noch in isolierten Resten erhalten und lassen zu dem heutigen Flußnetz keine Beziehungen mehr erkennen. Die an dieses Netz gebundenen Flächen sind die ausgedehntesten; sie wiederholen sich in Neuquen in vier, fünf übereinanderliegenden Stufen, sie hängen mit den patagonischen Terrassen und Mesetas zusammen, sie sind wie diese mit Geröll bedeckt und greifen tief in das Faltungsgebiet der Anden ein. Zu diesen Flächen gehören die »interandinen Plateaux«, die Burckhardt beschrieben hat. Da Veränderungen des Klimas für die Wiederbelebung nicht in Frage kommen, so muß die Erosion immer nach einer Verlegung des Denudationsniveaus von neuem begonnen haben. Die in Stufen übereinanderliegenden Flächen des heutigen hydrographischen Netzes zeigen in Neuquen eine Verlagerung von rund 400 *m* an. Dieser Minimalbetrag für die jüngsten Flächen gilt für sehr große Gebiete, und daß es sich dabei um aufsteigende Bewegungen handelt, zeigen die noch beträchtlich höher liegenden Reste von Rumpfflächen. Die alten

Rumpfflächen in den Gebieten der älteren Faltung, in der Hauptkordillere und den pampinen Sierren, sind durch posthume Bewegungen verbogen worden.

In den Anden sind die Formen unter den Verhältnissen des trockenen Klimas an vielen Stellen überraschend gut erhalten, und dadurch ist der Zusammenhang der mannigfaltigen Ereignisse viel deutlicher zu erkennen als zum Beispiel im Tian-schan.

Laubfarbe und Chloroplastenbildung bei immergrünen Holzgewächsen

von

Dr. **Valentin Vouk.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institut der k. k. Wiener Universität.

(Mit 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Dezember 1908.)

Einleitung.

Nach zahlreichen Untersuchungen über den grünen Farbstoff des Laubes wies Wiesner letzthin[1] speziell auf den individuellen Charakterwert der grünen Laubfarbe für die Gewächse, d. h. »auf das spezifische Grün des Laubes der Holzgewächse innerhalb der Grenzen des Lichtgenusses« hin. Aus den diesbezüglichen Untersuchungen ergab sich eine wesentliche Differenz im Ergrünungsprozeß bei sommer- und immergrünen Holzgewächsen. Bei ersteren schreitet die Zunahme des Grüns der Blätter, welche durch eine Vermehrung der Chloroplasten bedingt wird, so lange fort, als sie wachsen. Nach Abschluß des Wachstums findet hingegen weder eine Vermehrung der Chloroplasten noch eine Chlorophyllzunahme statt. Anders ist es bei den Blättern immergrüner Gewächse; hier wird in der Regel das stationäre Grün mit der Beendigung des Wachstums noch nicht erreicht, es stellt sich vielmehr erst im zweiten oder dritten Jahre ein.

---

[1] J. Wiesner, Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig, Verlag Engelmann, 1907, p. 220—250.

In ähnlicher Richtung durchgeführte Beobachtungen Jönnson's[1] stimmen im wesentlichen mit denen Wiesner's überein; ich betone aber, daß Wiesner ganz unabhängig von der Abhandlung Jönnson's zu den genannten Resultaten kam und sich auch behufs Feststellung der Tatsachen ganz anderer Methoden bediente.

Das Ergrünen des Laubes beruht allerdings auf der Zunahme des Chlorophylls.[2] Dabei sind aber zunächst zwei Fälle möglich: entweder nimmt die Menge des Chlorophylls zu, ohne daß eine Vermehrung der Chloroplasten eintritt, oder es geht die Zunahme des Chlorophylls mit der Vermehrung der Chloroplasten Hand in Hand.

Es ist bis jetzt noch nicht entschieden worden, ob der eine oder der andere Fall in der Natur realisiert ist. Noch weniger ist aber entschieden die Frage, ob nicht sowohl eine Vermehrung der Chloroplasten als auch eine gleichzeitige Zunahme des Chlorophylls stattfindet. Es liegt diesbezüglich nur eine einzige Beobachtung Mikosch's vor, nach welcher tatsächlich bei ausgewachsenen Blättern von *Pinus Laricio* und *Pinus montana* eine Chloroplastenvermehrung vor sich geht. Auch wäre noch zu erwägen, ob nicht auch eine Änderung im Verhältnis der Quantität von Chlorophyll und Xanthophyll stattfindet.[3]

Die Vermehrung der Chloroplasten kann bekanntlich auf zweierlei Weise vor sich gehen: entweder durch die Teilung der vorhandenen Chloroplasten (Nägeli 1846) oder durch die Neubildung aus Plastiden (Schimper 1882); beide Entstehungsweisen können natürlich innerhalb ein und desselben

[1] B. Jönnson, Färgbestämmingar for klorophillet hos skilda vaxtformer. (Farbenbestimmungen des Chlorophylls bei verschiedenen Pflanzenformen.) Bihangtill k svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar. Bd. XXVIII, Nr. 8 (1902).

[2] Unter Chlorophyll meine ich immer das Chlorophyllpigment.

[3] Nach den Untersuchungen von Cäcilie Stein beruht die Zunahme der grünen Farbe des Laubes nicht nur auf einer Vermehrung des Chlorophylls, sondern auch auf der Abnahme des Xanthophylls im Verhältnis zum Chlorophyll. (Verhandl. der k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien, 1908, 2. u. 3. Heft, p. 88.)

Gewebes zusammen auftreten. Der Nachweis der »direkten oder indirekten« Teilungszustände[1] der Chloroplasten bei ausgewachsenen, aber noch nicht völlig ergrünten Blättern wird dafür sprechen, daß das fortschreitende Ergrünen derselben an die Vermehrung der Chloroplasten gebunden ist. Das Vorhandensein der Plastiden bei den ausgewachsenen Blättern ist jedoch schon darum zweifelhaft, weil diese Entstehungsweise der Chloroplasten gewöhnlich nur auf jugendliche Organe, wie Vegetationsspitzen und Blattanlagen, gebunden ist. Jedenfalls müßte man im Falle der Neubildung der Chloroplasten aus Plastiden dieselben in verschiedenen Entwicklungsstadien und Größen in einer Zelle beobachten können.

Der mikroskopischen Untersuchung habe ich von jeder Pflanze nur ausgewachsene,[2] aber verschieden grün gefärbte, gewöhnlich einjährige (heurige) und zweijährige (vorjährige), manchmal auch dreijährige Blätter unterworfen. Zur Bestimmung des spezifischen Grüns der untersuchten Blätter benützte ich die von Wiesner als »sehr geeignetes Werkzeug« erprobte und angewendete internationale Farbenskala von Radde. Das untersuchte Material stammt einesteils aus dem Gewächshause des pflanzenphysiologischen Institutes und aus dem botanischen Garten der Wiener Universität, andernteils aus den Schönbrunner Gewächshäusern.

Die verschiedene Quellbarkeit und die verschiedene Resistenz der Chloroplasten macht bei der mikroskopischen Beobachtung der im Wasser eingelegten Schnitte einige Schwierigkeiten. Durch das langsame Tupfen mit dem Finger auf das Deckgläschen gelingt es manchmal, wie z. B. bei *Hedera helix*,

[1] Diese Bezeichnung der Teilungsarten der Chloroplasten hat Schmitz (vgl. Schimper, Pringsh. Jahrb., Bd. XVI, 1885, p. 192) im Vergleich mit der Kernteilung aufgestellt. Die »direkte Teilung« entspricht der gewöhnlichen Einschnürung und die »indirekte Teilung« entspricht dem *Hartwegia*-Typus der Teilung (Mikosch, Über Vermehrung der Chlorophyllkörner durch Teilung. Österr. Bot. Zeit., XXVII. Jahrg., 1877) mit der Bildung einer hellen, ungefärbten Plasmazone in der Einschnürungsstelle. Über diese »indirekte Teilung« wird in dieser Arbeit ausführlicher berichtet (vgl. p. 1371).

[2] Ob die jungen Blätter in bezug auf die Volumsgröße schon vollständig ausgewachsen sind, kann man im Vergleich mit den alten Blättern mit einer gewissen Sicherheit auch ohne spezielle Messungen entscheiden.

die Chloroplasten zum Austritt zu bringen, so daß man sie in ihrer natürlichen Form, vollständig unverquollen beobachten kann, was aber bei den meisten der untersuchten Pflanzen nicht der Fall ist. Bei *Pinus uliginosa* z. B. ist eine Untersuchung der Chloroplasten bei den in Wasser eingelegten Schnitten fast ausgeschlossen; die Chloroplasten werden vollständig desorganisiert, so daß in den Zellen nur eine grüne, homogene, verquollene Plasmamasse erscheint. Das Einlegen der Schnitte in Oliven-, Leinöl und Glyzerin nützte in diesen Fällen sehr wenig. Es erwies sich also als notwendig, durch entsprechendes Fixieren und Färben der Objekte die gewünschten Resultate zu erzielen.

Zum Fixieren der Objekte habe ich das von Zimmermann[1] zur Chromatophorenfixierung bestens empfohlene Sublimat-Pikrinsäuregemisch[2] mit gutem Erfolg angewendet. Die Objekte werden in diesem Gemisch 12 bis 24 Stunden (auch länger) liegen gelassen,[3] sodann mit Wasser gut ausgewaschen und stufenweise bis zu 75% steigendem Alkohol nachgehärtet. Zur Untersuchung genügten mir vollkommen Freihandschnitte. Die zur Färbung der Chloroplasten angewandte, von Zimmermann[4] als »Säurefuchsin *B*« genannte Methode leistete mir sehr gute Dienste. Jodgrünfärbung fand ich weniger brauchbar. Die Schnitte wurden vorsichtshalber vor dem Einlegen in die wässerige Säurefuchsinlösung in Alkohol von abnehmender Konzentration überführt. Im Farbstoff ließ ich die Schnitte 48 Stunden, gewöhnlich auch länger, liegen. Die Schnitte werden jetzt mit Wasser gewaschen, was gewöhnlich nicht länger als zwei, höchstens vier Minuten

[1] A. Zimmermann, Die botanische Mikrotechnik, 1892, § 351, p. 197.

[2] Wässerige und gesättigte Lösungen von Sublimat und Pikrinsäure zu gleichen Teilen gemischt.

[3] Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß sich in den Chloroplasten in den meisten Fällen durch die Einwirkung von Pikrinsäure kleine, rundliche, manchmal zu größeren Klümpchen gewordene, immer braun gefärbte Hypochlorinkrystalle ausgeschieden haben (vgl. diesbezüglich Pringsheim, Untersuchungen über Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion, Jahrb. f. wiss. Bot., 1882, XIII).

[4] A. Zimmermann, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Tübingen 1890, Verl. Laup, p. 12.

dauern darf. Nach einer vollständigen Entwässerung mittels Phenol (auch steigendem Alkohol) konnte ich auf diese Weise durch das Übertragen in Nelkenöl und schließlich in Kanadabalsam sehr brauchbare Präparate herstellen.

In derartigen Präparaten erscheinen außer den Chloroplasten auch ganz kleine, rundliche, in den Zellen zerstreute Körperchen sehr intensiv gefärbt, in welchen ich die von Zimmermann entdeckten[1] und als »Granula« benannten Gebilde erkannte. Das Vorkommen dieser Zimmermann'schen Granula in den von mir untersuchten Blättern gab mir den Anlaß, dieselben nicht außer acht zu lassen und nebenbei zu berücksichtigen.

Spezielle Untersuchungen.

Hedera helix L.

Untersucht am 2. Juni 1907. Es wurden verschiedene ausgewachsene, aber je nach dem Alter auch verschieden gefärbte Blätter von Efeu untersucht. Das stationäre Grün — wobei sich die Oberseite von der Unterseite des Blattes auffallend unterscheidet — erreicht den Farbenton (nach Radde'schen Tafeln) *O:* Gr. Kard. 13*c*, *U:* Gr. Kard. 13*k*.[2] Das lichteste Grün der schon ausgewachsenen Blätter konstatierte ich als *O:* Gr. Kard. 13*l*, *U:* Gr. Kard. 13*r*. Gerade solche Blätter mit den extremsten Farbentönen im Grün habe ich einer mikroskopischen Untersuchung betreffs der Chloroplastenvermehrung unterzogen.

Zuerst untersuchte ich die Blätter, welche schon längst das stationäre Grün erreicht hatten: Die Chloroplasten verhalten sich im Wasser nicht besonders resistent; sie verquellen ziemlich leicht und zeigen dabei verschiedene längliche, gewundene, gekrümmte, meistens zerrissene Gestalten. Innerhalb einiger unverletzter Palisadenzellen erscheinen die Chloroplasten sehr wenig gequollen. Kleine, rundliche und

[1] A. Zimmermann, wie vorher. Über bisher nicht beobachtete Inhaltskörper des Assimilationsgewebes, p. 38 ff.

[2] *O:* Gr. Kard. 13*c* = Oberseite (des Blattes) Grasgr. Kardinalton 13*c*; *U:* Gr. Kard. 13*r* = Unterseite (des Blattes) Grasgr. Kardinalton 13*r*.

tiefgrüne Chloroplasten erfüllen die Zellen beinahe vollständig. Die Teilungszustände der Chloroplasten konnte ich in keinem Falle beobachten.

Die Untersuchung der lichtgrünen, einjährigen Blätter ergibt andere Resultate. Die Chloroplasten zeigen sich gegen das Einwirken von Wasser viel widerstandsfähiger als solche aus den vorjährigen Blättern. Einige außerhalb der Schnitte im Wasser schwimmende Körner erscheinen vollständig unversehrt in ihrer natürlichen Form und Größe, andere aber weisen mehr oder weniger veränderte Gestalt auf. Auf den ersten

Fig. 1.

Verschiedene Teilungsstadien der Chloroplasten bei *Hedera helix*; *a—e* direkte, *f—k* indirekte Teilungen.

Blick konnte ich die Teilungen in verschiedenen Entwicklungsstadien, sogar solche mit der gebildeten hellen, mittleren Einschnürungszone (Fig. 1) beobachten; die letzterwähnten indirekten Teilungen sieht man besonders deutlich an den Chloroplasten, welche vereinzelt aus den Schnitten ins Wasser gelangten. In den Zellen innerhalb des Schnittes sind solche Teilungsstadien viel schwieriger zu finden.

Die angewandte Methode des »Zählens« der Chloroplasten innerhalb der bestimmten Zellen eines gewissen Gewebes ergibt, abgesehen von eventuellen Ungenauigkeiten,[1] folgende vergleichbare Resultate:

[1] Da Ungenauigkeiten und Irrtümer bei Anwendung dieser Methode unvermeidlich sind, mußte ich bei weiteren Untersuchungen von ihr absehen. Es ist aber auch ohnedies in den meisten Fällen beim Vergleichen der in der Färbung sehr abweichenden Blätter eine quantitative Zunahme der Chloroplasten wahrnehmbar.

1. Blatt

Palisadenzelle, *O:* Gr. Kard. 13*l* . . . . . 11 Chloroplasten,
Schwammparenchymzelle, *U:* Gr. Kard. 13*r* . . 5 »

2. Blatt

Palisadenzelle, *O:* Gr. Kard. 13*r* . . . . . 28 »
Schwammparenchymzelle, *U:* Gr. Kard. 13*k* . . 17 »

Dabei ist die angegebene Zahl der Chloroplasten mit Rücksicht auf die Größe der Zellen der mittlere Wert von einer Reihe der durchgeführten Zählungen. Die Zahlenwerte

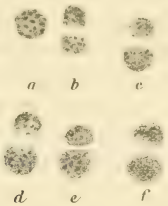


Fig. 2.

Gequollene und granuliert erscheinende Chloroplasten von *Ruscus aculeatus*; *b—d* indirekte Teilungsstadien.

beweisen entschieden, daß eine Vermehrung der Chloroplasten durch die Teilung wirklich stattfindet.

Ruscus aculeatus L.

Untersucht am 14. November 1907. Es wurden zunächst eben herangewachsene Phyllokladien, welche den grünen Farbenton Gr. Kard. 13*k* zeigten, untersucht. Die Chloroplasten erweisen sich im Wasser wenig resistent und verquellen ziemlich leicht; jedoch variiert dieses Verhalten der Chloroplasten insoweit, daß sehr viele als kaum ein wenig angequollen, einige auch vollständig unversehrt erscheinen. Auf den ersten Blick kann man reichlich Teilungen in allen möglichen Entwicklungsstadien beobachten: rundliche, etwas in die Länge gezogene, schwach eingeschnürte, tief eingeschnürte und sogar solche mit der hellen mittleren Einschnürungszone. Die

Vermehrung der Chloroplasten scheint sehr rege vor sich zu gehen, und zwar durch direkte wie auch indirekte Teilung.

Vergleichend wurden nachher die älteren Phyllokladien, welche schon das stationäre Grün erreicht haben, untersucht Das stationäre Grün zeigt den Ton Gr. Kard. 13*e*. Die rundlichen Chloroplasten erscheinen stark angequollen, so daß die granuläre Struktur sichtbar wird und erfüllen dicht aneinandergedrängt die Zellen. Die Chloroplasten sind in diesem Falle auffallend groß im Vergleich mit denen aus den lichtgrünen (Gr. Kard. 13*k*) jüngeren Phyllokladien. Nach den durchgeführten Messungen weisen die letzteren im Durchmesser eine Größe von 3 bis 4 μ, die ersteren aber von 6 bis 8 μ auf. Möglicherweise nehmen die Chloroplasten mit der fortschreitenden Vermehrung auch an ihrer individuellen Größe zu oder sie erscheinen nur infolge des stärkeren Quellungsvermögens größer. Mit bezug auf den später zu erwähnenden ähnlichen Fall bei *Malpighia coccigera* bin ich geneigt, die erstere Deutung anzunehmen. Teilungen konnte ich nicht nachweisen.

Aus dieser vergleichenden Untersuchung sehen wir deutlich, daß bei den ausgewachsenen Phyllokladien von *Ruscus aculeatus* die Vermehrung der Chloroplasten durch die direkte und indirekte Teilung mit einer gleichzeitigen Zunahme ihrer individuellen Größe bis zur Erreichung des stationären Grüns fortdauert.

Evonymus japonica L. f.

Untersucht am 30. November 1907. Zu dieser Zeit zeigten die ausgewachsenen heurigen Blätter dieses immergrünen Baumes den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*k*, *U:* Gr. Kard. 13*r*. Die Chloroplasten verquellen im Wasser sehr leicht und werden beinahe vollständig desorganisiert. Jedoch konnte ich in unverletzten Zellen einige Teilungen beobachten; die Teilung geht wahrscheinlich nur durch den Einschnürungsvorgang vor sich.

Das stationäre Grün wird in der zweiten Vegetationsperiode, manchesmal sogar Ende des ersten Jahres, mit dem Farbenton *O:* Gr. 1. Übergang in Blau 14*e—f*, *U:* Gr. Kard. 13*p*

erreicht. Die Chloroplasten der vorjährigen Blätter erscheinen gegen Einwirken von Wasser doch etwas widerstandsfähiger; sie quellen zwar ziemlich leicht auf, aber die Struktur wird nicht vollständig zerstört. Teilungszustände habe ich absolut keine beobachtet.

Buxus sempervirens L.

Untersucht am 12. November 1907. Einjährige, ausgewachsene Blätter erreichen den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*g—h*. *U:* Gr. Kard. 13*o*. Das stationäre Grün, d. h. das Maximum der Chlorophyllbildung fällt schon in das zweite Jahr mit dem Ton *O:* Gr. Kard. 13*e*. Nach den Beobachtungen von Jönnson[1] erstreckt sich diese Periode der Chlorophyllbildung sogar über drei Jahre. Allenfalls sind die Unterschiede in der Färbung der verschieden alten, ausgewachsenen Blätter sehr gering und schwanken im ganzen zwischen Gr. Kard. 13*e*—13*h*. Die Chloroplasten verquellen im Wasser sehr stark, wodurch die mikroskopische Untersuchung der im Wasser eingelegten Schnitte erschwert wird. Jedoch konnte ich nach längerem Untersuchen der heurigen Blätter einige in der Teilung begriffene Chloroplasten beobachten. Die Art der Teilung konnte ich an diesen wenigen, aufgequollenen, unregelmäßig eingeschnürten Chloroplasten nicht entscheiden. Jedenfalls geht die Vermehrung der Chloroplasten bei den ausgewachsenen,[2] aber noch nicht völlig ergrünten Blättern, wenn auch sehr langsam, vor sich.

Malpighia coccigera L.

Untersucht am 8. Dezember 1907. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Zur Zeit der Untersuchung erscheinen alle Blätter zur normalen Größe ausgewachsen. Der heurige Trieb hat drei Paar Blätter entwickelt, welche alle wie auch die vorjährigen je nach dem Alter verschieden grüne Färbung zeigen. Von der Triebspitze ausgehend, verhält sich die Färbung wie folgt:

[1] Vgl. Wiesner, Lichtgenuß, l. c., p. 249.

[2] Nach Jönnson (l. c.) fällt auch das Wachstumsende des Blattes von *Buxus sempervirens* erst in das dritte Jahr.

1. Blattpaar,	*O:* Gr. Kard.	13*qu*,	*U:* Gr. Kard.	13*t*	*u*
2.	" "	"	13*p*,	" "	"	13*s*
3.	" "	"	13*o*,	" "	"	13*r*
4.	" "	"	13*m*,	" "	"	13*r*
5.	" "	"	13*k*,	" "	"	13*r*	*qu*
6.	" "	"	13*g*,	" "	"	13*qu*

Die ersten drei Blattpaare gehören dem Triebe der letzten Vegetationsperiode an. Das stationäre Grün wird wahrscheinlich in der zweiten Vegetationsperiode erreicht. In der Entwicklung der grünen Blattfärbung unterscheidet sich die Oberseite auffallend von der Unterseite, welche viel langsamer ergrünt. Das stationäre Grün der Blattunterseite erreicht kaum den Farbenton der Oberseite des jüngsten ausgewachsenen Blattes.

Die Chloroplasten verhalten sich gegen die Einwirkung des Wassers ziemlich resistent. Nicht selten erscheinen im Wasser verschiedenförmige Deformationsgestalten der Chloroplasten; manchmal zeigen sich auch Degenerationserscheinungen, welche auf Quellung der Chloroplasten zurückzuführen sind.

Bei den ersten vier Blattpaaren konnte ich reichlich Vermehrung der Chloroplasten und zwar durch direkte Teilung nachweisen. Bei den letzten zwei Blattpaaren habe ich nach den Teilungen vergeblich gesucht. Hand in Hand geht also mit der Sättigung der grünen Blattfarbe Chloroplastenbildung vor sich.

Bei der vergleichenden Untersuchung der in der Färbung extremsten Blätter erscheint der Unterschied in der relativen Größe der Chloroplasten als sehr auffallend. Nach den durchgeführten Messungen zeigen die jungen Chloroplasten des ersten Blattpaares die Größe von 2 bis 4 μ (im Durchmesser), dagegen die alten Chloroplasten der stationär grünen Blätter die Größe von 4 bis 6 μ; die Chloroplasten des mittleren Blattpaares zeigen eine Zwischengröße von 3 bis 5 μ. Es findet also eine sichtliche individuelle Größenzunahme der Chloroplasten mit der fortschreitenden Vermehrung derselben statt. Die Chloroplastenbildung ist in diesem Falle nicht nur mit

einer Vermehrung, sondern auch mit der individuellen Größenzunahme der Chloroplasten verbunden.

Heteropteris argentea H. B. K.[1]

Untersucht am 11. Dezember 1907. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Es wurden einjährige Blätter mit dem Farbenton Gelbgrün 12*m* *n* und zweijährige mit dem stationären Farbenton Gr. Kard. 13*g* *h* untersucht. Die Chloroplasten in den jungen Blättern erweisen sich im Wasser widerstandsfähiger als die in den alten Blättern. Bei den ersteren wird nur mehr oder weniger die Form der Chloroplasten verändert, bei den letzteren konnte man erst durch das Einlegen der Schnitte in Öl das allzu starke Aufquellen insoweit verhindern, daß doch eine Beobachtung ermöglicht war.

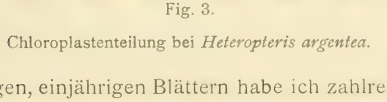


Fig. 3.

Chloroplastenteilung bei *Heteropteris argentea.*

Bei den jungen, einjährigen Blättern habe ich zahlreiche direkte wie auch typische indirekte Teilungen (Fig. 3) beobachtet. Bei den alten, stationär grünen Blättern war die Beobachtung durch das erwähnte starke Aufquellen der Chloroplasten erschwert und ich konnte keine Teilungen nachweisen. Ich halte es auch für gänzlich ausgeschlossen, daß sich solche in den mit Chloroplasten vollgefüllten Zellen befinden. Jedenfalls ist die Vermehrung der Chloroplasten bei den ausgewachsenen, aber noch nicht völlig ergrünten Blättern festgestellt.

Hakea suaveolens R. Br.

Untersucht am 23. Jänner 1908. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Die Pflanze ist ein schönes und typisches Beispiel der Pigmentbildung im immergrünen Laube. Der ganze einjährige Trieb war zur Zeit der Untersuchung nahezu vollständig ausgewachsen, erschien aber

[1] = *Banisteria argentea* Spreng.

gleichmäßig und auffallend lichtgrün (Gr. Kard. 13*r*) gefärbt. Das stationäre Grün wird in der zweiten Vegetationsperiode mit dem Farbenton Gr. Kard. 13*g—h* erreicht.

Nachdem eine Beobachtung der frischen Schnitte im Wasser wegen der vollständigen Zerstörung der Chloroplastenstruktur unmöglich war, konnte ich erst durch Fixieren und Färben (siehe p. 1340) des Materials zu dem gewünschten Ziele kommen. Bei den lichtgrünen einjährigen Blättern habe ich eine reichliche Vermehrung durch Teilung festgestellt. Die Art der Teilung ist auf dem fixierten Objekt nicht nachweisbar; jedenfalls ist eine gewisse Einschnürung vorhanden.

Die im Assimilationsgewebe gesuchten Granula konnte ich bei den jungen wie bei den alten Blättern nicht mit Sicherheit nachweisen.

Calothamnus alaunata.[1]

Untersucht am 24. Jänner 1908. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Die einjährigen Blätter erreichten zur Zeit der Untersuchung den Farbenton Gr. Kard. 13*qu*. Das stationäre Grün wird wahrscheinlich erst im dritten Jahre mit dem Ton Gr. Kard. 13*g—h* erreicht. Die Chloroplasten werden im Wasser vollständig desorganisiert; es erscheint in den Zellen nur eine grüne, homogene Plasmamasse. Auch durch das angewandte Fixieren und Färben habe ich kein klares Bild bekommen können. Von einer Vermehrung der Chloroplasten durch Teilung kann ich nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit sprechen; sicher bewiesen habe ich sie nicht.

Taxus baccata L.

Untersucht am 23. Oktober 1907. Das stationäre Grün wird erst, wie Wiesner[2] berichtet, im dritten Jahre mit dem Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*d* erreicht, zuweilen aber im zweiten Jahre. Zur Zeit der Untersuchung habe ich bei den einjährigen (heurigen) Nadeln je nach dem Alter und der Belichtung

[1] Nicht im Ind. Kew.

[2] Wiesner, l. c., p. 233.

derselben einen verschieden grünen Farbenton konstatiert. Einige zeigten den Ton *O:* Gr. Kard. 13*m—n*, *U:* Gr. Kard. 13*r*, andere *O:* Gr. Kard. 13*g—h*, *U:* Gr. Kard. 13*o* die langen, aufrechten Triebe zeigten sogar den Ton *O:* Gr. Kard. 13*e*. Die letzteren erreichen das stationäre Grün im zweiten Jahre.

Das Material wurde im frischen wie im fixierten Zustand untersucht. Die Chloroplasten desorganisieren sich im Wasser sehr leicht, immerhin aber bei den jüngeren Nadeln viel leichter als bei den älteren. Ebenso merkt man auch den Unterschied in der Widerstandsfähigkeit gegen Wasser der Chloroplasten des Palisaden- und Schwammparenchyms. In den unverletzten Zellen des Palisadenparenchyms kann man bei den älteren Nadeln völlig unversehrte Chloroplasten beobachten, im Schwammparenchym ist dagegen eine Beobachtung infolge vollständiger Desorganisation der Chloroplasten fast ausgeschlossen. Die Chloroplasten liegen in den Zellen gewöhnlich dicht aneinandergedrängt, obwohl sie die Zellen der jungen Nadeln nicht völlig erfüllen, wodurch sie die ursprüngliche rundliche Gestalt verlieren und abgeplattete, zuweilen polygonale Hemmungsformen zeigen. Teilungszustände der Chloroplasten konnte ich in den jungen Nadeln nachweisen, trotzdem solche von den zwei aneinander liegenden Chloroplasten schwer zu unterscheiden sind. Aus demselben Grunde konnte ich keine möglicherweise vorkommende indirekte Teilung nachweisen. In den alten, vollständig ergrünten Nadeln sind die Zellen vollgefüllt mit Chloroplasten, woraus eine stattgefundene Vermehrung derselben im Vergleiche mit den jungen Nadeln ersichtlich ist.

Nach genauer Beobachtung konnte ich zwischen den Chloroplasten gedrängte kleine Granula auffinden.

Cephalotaxus Fortunei Hook.

Untersucht am 20. Februar 1908. Das stationäre Grün Gr. Kard. 13*f—g* wird im zweiten, vielleicht manchmal erst im dritten Jahre erreicht. Die Nadeln der letzten Vegetationsperiode wiesen zur Zeit der Untersuchung den Farbenton Gr. Kard. 13*k* auf. Die Chloroplasten werden im Wasser vollständig desorganisiert. Auch bei dem fixierten Material konnte

ich keine Teilungen mit Sicherheit nachweisen. Bei den alten Nadeln liegen hingegen die Chloroplasten so dicht aneinandergehäuft, daß wohl von einer stattgefundenen Vermehrung gesprochen werden kann. Ich konnte bei den letzteren auch keine Granula beobachten, welche ich dagegen bei den ersteren nachgewiesen habe. Wahrscheinlich sind solche auch bei den alten Nadeln vorhanden, jedoch sind sie zwischen die Chloroplasten gedrängt und infolge der großen Anzahl der letzteren nicht sichtbar.

Podocarpus laeta Hoibrenk.

Untersucht am 15. Dezember 1907. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Das stationäre Grün wird erst in der dritten Vegetationsperiode erreicht und erweist

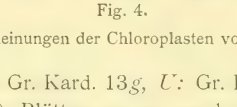


Fig. 4.

Degenerationserscheinungen der Chloroplasten von *Podocarpus laeta*.

den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*g*, *U:* Gr. Kard. 13*p*. Die einjährigen (heurigen) Blätter waren noch ganz lichtgrün *O:* Gr. Kard. 13*o—p*, *U:* Gr. Kard. 13*qu*, die vorjährigen erwiesen etwas dünkleres Grün *O:* Gr. Kard. 13*k*, *U:* Gr. Kard. 13*p*. Die Blätter selbst zeigen ein ungleichmäßiges Ergrünen. Das Grün nimmt nämlich vom Rande gegen den medianen Hauptnerv des Blattes zu, in der Mitte, entlang des Hauptnervs z. B., zeigt ein zweijähriges Blatt den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*i*, dagegen am Rande noch den Ton *O:* Gr. Kard. 13*n*. Diese extremsten Farbentöne sind natürlicherweise durch Übergänge verbunden.

Die Chloroplasten verquellen im Wasser sehr leicht; meistenteils wird die Struktur völlig zerstört und in den Zellen nur eine grünliche, homogene Plasmamasse sichtbar. Die Beobachtung der Chloroplasten war kaum in einigen vollständig unversehrten Zellen möglich. Gar wenig nützte auch das Einlegen der Schnitte in Glyzerin, Lein- oder Olivenöl. Zuweilen quellen die Chloroplasten nur bis zu einer gewissen Grenze an und in diesem Stadium tritt gewöhnlich eine

deutliche Randzone auf, eine Desorganisationserscheinung, welche ich nicht selten auch bei den anderen Objekten beobachtete (Fig. 4).

Bei der Untersuchung des fixierten Materials konnte ich in den jungen Blättern eine reichliche Vermehrung der Chloroplasten durch Teilung nachweisen. Beim Vergleiche des von einem alten Blatte mit dem von einem jungen Blatte gemachten Präparat kann man schon auf den ersten Blick eine stattgefundene Vermehrung der Chloroplasten wahrnehmen. Charakteristisch sind in den Zellen der älteren Blätter die kettenförmigen Reihen der Chloroplasten,[1] ein deutliches Zeichen, wie die Chloroplasten durch fortschreitende Teilung entstanden sind.

Die helle mittlere Zone wurde überhaupt bei allen sich teilenden Chloroplasten beobachtet, vielleicht kommt auch bei *Podocarpus lacta* nur der indirekte Teilungsmodus vor. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß auch die direkte Teilung als Vermehrungsvorgang vor sich geht, jedoch habe ich einen solchen, wie gesagt, an den wenigen unverquollenen Chloroplasten nicht beobachten können.

Granula sind in ziemlich großer Anzahl vorhanden, und zwar bei den jüngeren wie bei den älteren Blättern. Die Granula muß man hier von den ebenso kleinen mit Säurefuchsin intensiver gefärbten Fetttröpfchen gut unterscheiden. Solche kommen nämlich bei dieser Pflanze in den Blättern massenhaft vor, und zwar besonders in den langgestreckten Mesophyllzellen, welche manchmal voll von Fett erscheinen. In dem frischen Schnitte sind diese Fetttröpfchen klein, winzig, lichtbrechend und erst nach genauer Beobachtung sichtbar. Durch das Fixieren fließen sie zu größeren kugeligen Tröpfchen zusammen, welche manchmal auch größere unregelmäßige Körper bilden. Von der Fettnatur dieser mit Säurefuchsin intensiv rot gefärbten Tröpfchen konnte ich mich durch die Reaktion mit Osmiumsäure, wie auch mit Sudanglyzerin überzeugen.

---

[1] Haberlandt, Die Chlorophyllkörper der Selaginellen (Flora, 1888, p. 291).

Podocarpus nobilis Hort.

Untersucht am 15. Dezember 1907. Auch diese Art von *Podocarpus* stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Ich untersuchte lichtgrüne, einjährige Blätter mit dem Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*m*, *U:* Gr. Kard. 13*qu* und dunkelgrüne zweijährige Blätter mit dem stationären Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*g*, *U:* Gr. Kard. 13*p*.

Diese Art von *Podocarpus* verhält sich nach meiner Untersuchung ganz wie die vorher beschriebene *Podocarpus laeta*. Die Vermehrung der Chloroplasten geht bei den jüngeren Blättern durch die direkte und indirekte Teilungsart vor sich. Granula sind auch vorhanden.

Eine andere, nicht näher bestimmte *Podocarpus*-Art zeigte ganz dasselbe Verhalten der Chloroplasten.

Araucaria excelsa R. Br.

Untersucht am 2. Dezember 1907. Der heurige Trieb zeigt keinen einheitlichen grünen Farbenton. Wir sehen einen allmählichen Übergang von den jüngsten lichtgrünen bis zu den ältesten dunkelgrünen Nadeln. Das stationäre Grün wird in der zweiten Vegetationsperiode erreicht. Ich untersuchte die Nadeln mit den extremsten Farbentönen, einerseits die jüngsten mit dem Ton Gr. Kard. 13*l*, andrerseits die ältesten mit dem stationären Ton Gr. Kard. 13*g*.

Die Chloroplasten der jüngeren Nadeln sind gegen Wasser viel weniger widerstandsfähig als die der älteren Nadeln. Die Vermehrung der Chloroplasten findet bei den jüngeren Nadeln statt, ja bisweilen sogar so rege, daß ich innerhalb einer Zelle über acht Teilungen beobachtet habe. Die Teilung geht gewöhnlich durch den direkten Einschnürungsvorgang vor sich, nicht selten aber beobachtete ich auch die indirekte Teilung. Die Zellen der älteren, besonders solche der stationär grünen Blätter, sind dicht gefüllt mit Chloroplasten, welche infolgedessen oft Hemmungsgestalten zeigen. Es ist also klar, daß mit dem fortschreitenden Ergrünen der ausgewachsenen Nadeln auch die Vermehrung der Chloroplasten vor sich geht.

Im Palisaden- wie auch im Schwammparenchym befinden sich überall große, mit Säurefuchsin intensiv gefärbte Granula.

Araucaria imbricata Pav.

Untersucht am 6. Dezember 1907. Es wurden einjährige, zweijährige wie auch dreijährige Nadeln untersucht. Das stationäre Grün wird schon in zweiter Vegetationsperiode erreicht, und zwar mit dem Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*h*, *U:* Gr. Kard. 13*k*. Bei den einjährigen Nadeln konstatierte ich den Ton *O:* Gr. Kard. 13*l*, *U:* Gr. Kard. 13*o*. Die Nadeln zeigen ein unregelmäßiges Ergrünen insoweit, daß dieses von der Spitze gegen die Basis der Nadel zunimmt.

Die Chloroplasten quellen im Wasser sehr wenig auf und erscheinen besonders widerstandsfähig. Bei den einjährigen Nadeln konnte ich sehr reichliche Vermehrung der Chloroplasten durch den direkten und indirekten Teilungsmodus nachweisen. Oft habe ich bei den zweijährigen, sogar auch dreijährigen Nadeln vereinzelte bisquitförmige Chloroplasten beobachtet. Ob dies tatsächlich Teilungszustände, bei welchen eine vollständige Abschnürung der Teilhälften wegen Raummangels in mit Chloroplasten vollgefüllten Zellen nicht stattfinden konnte, sind, oder ob es sich in diesem Falle um die Regeneration der Chloroplasten handelt, indem einige zerstört werden und dann neue gebildet werden, läßt sich nicht entscheiden.

Die Granula befinden sich in allen Blattgewebszellen zerstreut.

Abies pectinata D. C.

Untersucht am 14. November 1907. Das stationäre Grün wird schon im zweiten Jahre erreicht und weist oberseits den Farbenton Gr. Kard. 13*f* auf. Einjährige (heurige) Nadeln zeigten den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*k*. Die Chloroplasten verquellen in den jungen Nadeln viel leichter als die in den alten, wo sie ziemlich widerstandsfähig erscheinen. Ein Unterschied im Quellungsvermögen ist auch im Palisaden- und Schwammparenchym bemerkbar. In den Palisadenparenchymzellen sind Chloroplasten gewöhnlich viel resistenter als solche

in den Schwammparenchymzellen, wo das starke Aufquellen eine vollständige Desorganisation der Chloroplasten zur Folge haben kann.

Die angeblich granuläre Struktur der Chloroplasten wird locker, man sieht nämlich das charakteristische Auftreten von dunkel gefärbten Pünktchen und der ganze Chloroplast erscheint von einem lichtbrechenden Rand umgrenzt.[1]

In den heurigen Nadeln sind die Zellen noch nicht vollgefüllt mit Chloroplasten, welche sich auffallend um die Vakuolen herum lagern. Die Teilungen, und zwar nur direkte Teilungen sind ziemlich schwer zu erkennen. Bei den stationär grünen alten Nadeln konnte ich absolut keine Teilungen nachweisen.

Abies Nordmanniana Spach.

Untersucht am 20. Februar 1908. Das stationäre Grün *O:* Gr. Kard. *f—g* wird schon im zweiten Jahre erreicht. Die einjährigen Nadeln zeigten den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*m*. Im ganzen verhält sich diese *Abies*-Art wie die vorher besprochene *Abies pectinata*. Eine Vermehrung der Chloroplasten durch Teilung konnte ich an fixiertem Material nicht ermitteln, wahrscheinlich geht dieselbe nur durch den direkten Einschnürungsmodus vor sich.

Granula sind nicht sicher nachgewiesen.

Picea excelsa (Poir) L. K.

Untersucht am 20. November 1907. Das stationäre Grün wird im zweiten Jahre mit dem Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*g* erreicht. Die einjährigen Nadeln zeigten den Ton *O:* Gr. Kard. 13*k*. Die Chloroplasten quellen ziemlich an, jedoch wird die Struktur ganz wenig angegriffen. Die Zellen sind meistens dicht gefüllt mit Chloroplasten, so daß dieselben stellenweise abgeplattet, zuweilen geradezu polyedrisch erscheinen. Aus

---

[1] Dieselbe Erscheinung beschreibt schon Mayer (Das Chlorophyllkorn, Leipzig 1883, p. 13) bei aufgequollenen Chloroplasten.

diesem Grunde konnte ich auch bei einjährigen (heurigen) Nadeln keine Teilungen nachweisen.[1]

Pinus Laricio Neilr.

Untersucht am 20. November 1907. Einjährige Nadeln waren bereits[2] gleichmäßig grün gefärbt: Gr. Kard. 13*l*. Zur Untersuchung gelangten auch die vorjährigen Nadeln mit dem stationären Farbenton: Gr. Kard. 13*d*. In beiden Fällen war die Beobachtung der Schnitte im Wasser unmöglich, weil die Chloroplastenstruktur vollständig zerstört und sodann nur eine grünliche, homogene Plasmamasse sichtbar wird. Bei fixiertem Material habe ich bei heurigen Nadeln die Zweiteilungen beobachtet, womit die Beobachtung Mikosch's bestätigt wird. Die Teilung geht wahrscheinlich nur durch den Einschnürungsmodus vor sich; die indirekte Teilung kann man bei fixiertem Material nicht feststellen. Bei den älteren zweijährigen Nadeln konnte ich hingegen keine Teilungen nachweisen.

Verschieden große Granula sind im ganzen Assimilationsgewebe vorhanden.

Pinus uliginosa Neum.

Untersucht am 25. Februar 1908. Es wurden einjährige wie auch zweijährige Nadeln untersucht. Die ersteren wiesen den Farbenton Gr. Kard. 13*l* auf, die letzteren aber zeigten schon das stationäre Grün Gr. Kard. 13*f*.

Im allgemeinen verhält sich diese *Pinus*-Art wie die vorher besprochene *Pinus Laricio*. Die Vermehrung der Chloroplasten findet bei den ausgewachsenen, aber noch nicht vollständig ergrünten Nadeln statt. Die Art der Teilung unbestimmt.

---

[1] Wie schon erwähnt, hat Mikosch bei dieser Pflanze auch keine Teilungen nachweisen können. Jedoch ist dies kein Beweis, daß die Vermehrung durch Teilung wirklich nicht stattfindet. Die von mir untersuchten Nadeln haben schon beinahe das spezifische Grün erreicht, was auch einer der Gründe ist, warum ich die bei den Nadeln in diesem Stadium selten vorhandenen Teilungen nicht wahrnehmen konnte.

[2] In jüngeren Stadien zeigt *Pinus Laricio*, wie Fröschel beobachtete (vgl. Wiesner, Lichtgenuß, l. c., p. 234 bis 235), ein ungleichmäßiges Ergrünen (von der Spitze gegen Basis) der Nadel.

Kleine und winzige Granula sind vorhanden, jedoch bei den alten Nadeln wegen der großen Anzahl Chloroplasten, welche die Zellen vollständig erfüllen, unsichtbar.

Dammara robusta Moore.

Untersucht am 11. Dezember 1907. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Die Blätter zeigen ein ungleichmäßiges Ergrünen; dieses nimmt von der Basis gegen die Spitze zu. Urteilend nach dem Gesamteindrucke, wiesen die letztjährigen Blätter den Farbenton *O:* Gr. Kard. 13*m*—*n*, *U:* Gr. Kard. 13*r* auf. Das stationäre Grün *O:* Gr. Kard. 13*f*, *U:* Gr. Kard. 13*p* wird in der zweiten Vegetationsperiode erreicht.

Die Chloroplasten erwiesen sich gegen Wasser wenig resistent und verquellen sehr leicht. Bei den ersteren habe ich zahlreiche Teilungen durch den direkten Einschnürungsvorgang beobachtet, woraus man auf eine stattfindende Vermehrung mit Bestimmtheit schließen kann.

Cryptomeria japonica (L. f.) Don.

Untersucht am 14. November 1907. Das stationäre Grün: Gr. Kard. 13*h*—*i* wird erst in der dritten Vegetationsperiode erreicht. Die heurigen (letztjährigen) Triebe zeigten das Hellgrün im Ton Gr. Kard. 13*o* und die zweijährigen erweisen etwas dunkleres Grün im Ton Gr. Kard. 13*k*.

Die Quellbarkeit der Chloroplasten zeigt sich allgemein in ziemlich hohem Maße. Teilungen habe ich beobachtet, jedoch selten, und zwar meistens den indirekten Teilungsmodus. Die Vermehrung der Chloroplasten geht wahrscheinlich sehr langsam vor sich, was auch mit dem langsamen Ergrünen der Nadeln übereinstimmt.

Granula sind in großer Anzahl vorhanden.[1]

---

[1] Es sei noch folgendes erwähnt: Bei den ausgewachsenen einjährigen Nadeln habe ich sehr kleine und winzige Krystalle vom Calciumoxalat und nur einzelne ganz kleine Tröpfchen wahrscheinlich von ätherischem Öl beobachtet. Bei den zweijährigen und dreijährigen Nadeln hingegen sind diese Krystalle und Öltropfen völlig ausgebildet; die ersteren erfüllen die Zellen als große

Cryptomeria elegans Veitch.

Untersucht am 29. Jänner 1908. Das Material stammt aus den Schönbrunner Gewächshäusern. Die jungen Nadeln dieser Pflanze zeigen ein sehr interessantes Ergrünen. Der kaum erwachsene einjährige Trieb ist blaßgelb bis blaßgrün. Die Nadeln selbst zeigen ein unregelmäßiges Ergrünen. Bei einer solchen ausgewachsenen Nadel konnte ich an der Spitze den lichtgrünen Ton Gr. Kard. 13*u* feststellen. Auf dem letztjährigen Triebe zeigt das Grün allmähliche Übergänge, so daß keine scharfe Grenze zwischen einjährigen, zweijährigen und dreijährigen Nadeln besteht. Die letzteren erreichen das stationäre Grün: Gr. Kard. 13*g*.

Was das Verhalten der Chloroplasten im Wasser anbelangt, so erweisen sich dieselben in den älteren Nadeln viel resistenter und widerstandsfähiger als in den jungen. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf das fixierte Material.

In den Zellen der noch ganz blaßgrünen (Gr. Kard. 13*u*) Nadeln haben sich noch keine Chloroplasten ausgebildet. Das Zellplasma erscheint mit Säurefuchsin rötlich gefärbt und im Plasma konnte ich kleine, scharf differenzierte Körnchen beobachten, welche durch den Farbstoff intensiv rot gefärbt wurden und sich als Plastiden erwiesen. In den Zellen befinden sich immer nur wenige Plastiden in unregelmäßiger Form und in verschiedener Größe, manchmal in Teilung begriffen, doch auch als junge, ziemlich große Chloroplasten sind sie vorhanden. Bei solchen blaßgrünen Nadeln geht also die Vermehrung der Chloroplasten durch Neubildung aus Plastiden wie auch durch Teilung vor sich. Bei den etwas mehr ergrünten Nadeln (mit dem Farbenton Gr. Kard. 13*qu*) konnte ich keine Plastiden mehr nachweisen. Es ist daher sehr zweifelhaft, ob die blaßgrünen Nadeln schon völlig ausgewachsen sind; wahrscheinlich ist bei solchen Nadeln, wenn auch die normale Größe erreicht ist, die innere Differenzierung noch nicht abgeschlossen und so

---

Krystallplättchen, die letzteren erreichen eine ansehnliche Größe und sind in verschiedener Form ausgebildet, in jeder Palisadenparenchymzelle in der Einzahl vorhanden. Die Ausbildung der Krystalle und Öltropfen fällt also in das zweite Jahr und schließt wahrscheinlich erst mit dem dritten Jahre ab.

entstehen auch die Chloroplasten aus Plastiden. Nicht selten abe ich bei den zweijährigen Nadeln direkte Teilungen

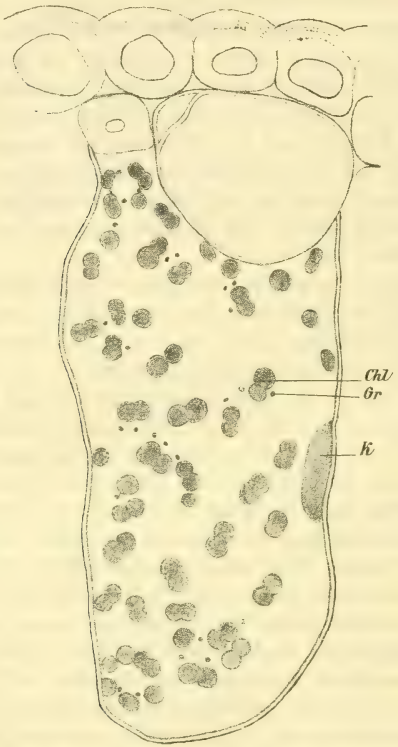


Fig. 5.

Palisadenzelle aus einem Blatte von *Sequoia sempervirens*. Sehr starke Chloroplastenvermehrung durch Teilung. *Chl*: Chloroplast, *Gr*: Granula, *K*: Zellkern (800mal vergr.).

beobachtet. Bei den dreijährigen stationär grünen Nadeln sind die Zellen vollständig mit Chloroplasten gefüllt, so daß auch polygonale Hemmungsformen entstehen. Charakteristi-

sche Granula konnte ich erst bei zweijährigen Nadeln nachweisen.[1]

Sequoia sempervirens Endl.

Untersucht am 11. Dezember 1907. Das stationäre Grün wird schon im zweiten Jahre erreicht, und zwar mit dem Ton Gr. Kard. 13*g*. Die einjährigen Nadeln zeigten den Farbenton Gr. Kard. 13*m*.

Die Chloroplasten verquellen im Wasser sehr leicht, jedoch sind sie manchmal sehr widerstandsfähig. Einen Unterschied im Verhalten derselben gegen Wasser bei den jüngeren und älteren Nadeln konnte ich nicht wahrnehmen.

Bei den jungen (einjährigen) Nadeln habe ich eine reichliche Vermehrung der Chloroplasten nachgewiesen. In manchen Zellen beobachtete ich sogar über 15 Teilungen in verschiedenen Entwicklungsstadien (Fig. 5). Auch bei den zweijährigen Nadeln konnte ich hie und da einzelne Teilungszustände wahrnehmen. Die Teilung geht hier wahrscheinlich nur durch den direkten Einschnürungsvorgang vor sich.

Ziemlich große Granula sind im ganzen Assimilationsgewebe vorhanden.

Die folgende Tabelle möge die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen in übersichtlicher Weise zur Anschauung bringen.

---

[1] Dies bestätigt auch die Beobachtung Zimmermann's (l. c., p. 50).

Die untersuchte Pflanze	Datum	Farbenton der Blätter	Vermehrung der Chloroplasten	Art der Teilung	Verhalten der Chloroplasten im Wasser	Granula vorhanden oder fehlend	Anmerkung
Hedera helix	2./VI. 1907	*O:* 13*l* *U:* 13*r*	Teilungen reichlich	Direkte und indirekte	Ziemlich resistent	Granula vorhanden	Die stattfindende Vermehrung der Chloroplasten wurde auch durch Zählen derselben nachgewiesen
		O: 13*r* *U:* 13*k*	Keine Teilungen nachweisbar	—	stark verquellbar	Granula vorhanden	
Ruscus aculeatus	14./XI. 1907	13*k*	Teilungen reichlich	Direkte und indirekte	Schwach quellbar	—	Größe der Chloroplasten im Durchmesser 3 bis 4 μ
		13*e*	Keine Teilungen	—	Stark quellbar	—	Größe der Chloroplasten im Durchmesser 6 bis 8 μ
Evonymus japonica	30./XI. 1907	*O:* 13*k* *U:* 13*r*	Einzelne Teilungen	Wahrscheinlich nur direkte	Stark verquollen und desorganisiert	—	—
		O: 14*e—f* *U:* 13*p*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Stark verquollen	—	—

Buxus sempervirens	12./XI. 1907	*O*: 13 *g—h* *U*: 13 *o*	Seltene Teilungen	Direkte	Sehr stark verquollen	—	—
		O: 13 *e* *U*: 13 *o*	Keine Teilungen	—	Sehr stark verquollen	—	—
Malpighia coccigera	9./XII. 1907	*O*: 13 *qu* *U*: 13 *r—u*	Teilungen sehr reichlich	Direkte	Ziemlich resistent und oft deformiert	—	Größe der Chloroplasten im Durchmesser 2 bis 4 μ
		O: 13 *p* *U*: 13 *s*	Teilungen sehr reichlich	Direkte	Ziemlich resistent und oft deformiert	—	—
		O: 13 *o* *U*: 13 *r*	Teilungen sehr reichlich	Direkte	Ziemlich resistent und oft deformiert	—	Größe der Chloroplasten im Durchmesser 4 bis 5 μ
		O: 13 *m* *U*: 13 *r*	Teilungen sehr reichlich	Direkte	Ziemlich resistent und oft deformiert	—	—
		O: 13 *h* *U*: 13 *r*	Seltene Teilungen	Direkte	Ziemlich resistent und oft deformiert	—	—
		O: 13 *g* *U*: 13 *qu*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Ziemlich resistent und oft deformiert	—	Größe der Chloroplasten im Durchmesser 4 bis 6 μ

Die untersuchte Pflanze	Datum	Farbenton der Blätter	Vermehrung der Chloroplasten	Art der Teilung	Verhalten der Chloroplasten im Wasser	Granula vorhanden oder fehlend	Anmerkung
Heteropteris argentea	11./XII. 1907	*O:* 12 *m—n*	Teilungen reichlich	Direkte und indirekte	Schwach angequollen	—	—
		O: 13 *g—h*	Keine Teilungen nachgewiesen	—	Stark verquollen	—	—
Hakea suaveolens	23./I. 1908	13 *r*	Teilungen ziemlich reichlich	Direkte (indirekte?)	Völlig desorganisiert	Granula wahrscheinlich vorhanden	—
		13 *g—h*	Keine Teilungen	—	Völlig desorganisiert	Mit Sicherheit nicht nachgewiesen	—
Calothamnus alaunata	24./I. 1908	*O:* 13 *m* *U:* 13 *r*	Teilungen wahrscheinlich vorhanden	—	Vollständig desorganisiert	Mit Sicherheit nicht nachgewiesen	—
		O: 13 *f* *U:* 13 *p*	Keine Teilungen	—	Vollständig desorganisiert	Mit Sicherheit nicht nachgewiesen	—

Cephalotaxus Fortunei	20./II. 1908	13*k*	Keine Teilungen nachgewiesen	—	Vollständig desorganisiert	Granula vorhanden	Es ist mir nicht gelungen, die Teilungen nachzuweisen, ich halte aber für wahrscheinlich, daß solche vorhanden sind
		13*f—g*	Keine Teilungen nachgewiesen	—	Vollständig desorganisiert	Nicht nachgewiesen, wahrscheinlich aber vorhanden	
Taxus baccata	23./X. 1907	*O:* 13*m—n* *U:* 13*r*	Teilungen vorhanden	Direkte (indirekte?)	Leicht quellbar	Vorhanden	—
		O: 13*g—h* *U:* 13*o*	Seltene Teilungen	Direkte (indirekte?)	Leicht quellbar	Vorhanden	—
		O: 13*d* *U:* 13*k*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Ziemlich resistent	Vorhanden	—
Podocarpus laeta	17./XII. 1907	*O:* 13*o—p* *U:* 13*qu*	Teilungen ziemlich reichlich	Indirekte und direkte	Vollständig verquollen und desorganisiert	Vorhanden	—
		O: 13*g* *U:* 13*p*	Keine Teilungen	—	Vollständig verquollen und desorganisiert	Vorhanden	—

Die untersuchte Pflanze	Datum	Farbenton der Blätter	Vermehrung der Chloroplasten	Art der Teilung	Verhalten der Chloroplasten im Wasser	Granula vorhanden oder fehlend	Bemerkung
Podocarpus nobilis	15./XII. 1907	*O.:* 13*m* *U.:* 13*qu*	Teilungen ziemlich reichlich	Indirekte und direkte	Stark desorganisiert	Vorhanden	—
		O.: 13*g* *U.:* 13*p*	Keine Teilungen	—	Stark desorganisiert	Vorhanden	—
Araucaria excelsa	2./XII. 1907	13*l*	Teilungen sehr reichlich	Direkte und indirekte	Schwach und wenig verquollen	Granula vorhanden	
		13*g*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Ziemlich resistent	Granula vorhanden	
Araucaria imbricata	6./XII. 1907	*O.:* 13*e* *U.:* 13*o*	Teilungen ziemlich reichlich	Direkte und indirekte	Wenig aufgequollen	Wenige Granula vorhanden	—
		O.: 13*h* *U.:* 13*k*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Ziemlich resistent	Wenige Granula vorhanden	—

Abies pectinata	14./XI. 1907	13*h*	Seltene Teilungen	Direkte	Stark aufgequollen	—
		13*f*	Keine Teilungen	—	Wenig aufgequollen	—
Abies Nordmanniana	20./II. 1908	13*m*	Sehr seltene Teilungen	—	Stark verquollen	—
		13*g*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Stark verquollen	—
Picea excelsa	17./XI. 1907	13*k*	Keine Teilungen nachgewiesen	—	Stark verquollen	—
		13*g*	Keine Teilungen nachgewiesen	—	Stark verquollen	—
Pinus Laricio	20./XI. 1907	13*i*	Teilungen vorhanden	Direkte	Sehr stark verquollen	Vorhanden
		13*d*	Keine Teilungen	Direkte	Meist völlig desorganisiert	Vorhanden

Die untersuchte Pflanze	Datum	Farbenton der Blätter	Vermehrung der Chloroplasten	Art der Teilung	Verhalten der Chloroplasten im Wasser	Granula vorhanden oder fehlend	Bemerkung
Pinus uliginosa	25. II. 1907	13 *l*	Teilungen vorhanden	Direkte	Vollständig desorganisiert	Vorhanden	—
		13 *f*	Keine Teilungen	—	Vollständig desorganisiert	Vorhanden	—
Dammara robusta	11./XI. 1907	*O:* 13 *m* *U:* 13 *r*	Teilungen vorhanden	Direkte	Stark aufgequollen	—	—
		O: 13 *f* *U:* 13 *p*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Stark aufgequollen	—	—
Cryptomeria japonica	14./XI. 1907	13 *o*	Teilungen reichlich	Indirekte, auch direkte	Stark aufgequollen	Kleine Granula reichlich vorhanden	Calciumoxalatkrystalle und Öltropfen noch nicht ausgebildet
		13 *k*	Sehr seltene Teilungen	Indirekte, auch direkte	Stark aufgequollen	Kleine Granula reichlich vorhanden	Calciumoxalatkrystalle und Tropfen von Öl völlig ausgebildet
		13 *i*	Keine Teilungen nachweisbar	—	Stark aufgequollen	Kleine Granula reichlich vorhanden	—

Cryptomeria elegans	29./I. 1908	13 *n*	Plastiden und Teilungen	Direkte	Stark aufgequollen	Granula nicht nachweisbar	—
		13 *qu*	Teilungen sehr reichlich	Direkte (indirekte?)	Stark aufgequollen	Kleine Granula vorhanden	—
		13 *l*	Teilungen selten	Direkte (indirekte?)	Wenig aufgequollen	Kleine Granula vorhanden	—
		13 *g*	Keine Teilungen	—	Ziemlich resistent	Kleine Granula vorhanden	—
Sequoia sempervirens	11./XI. 1907	13 *m*	Teilungen sehr reichlich	Direkte	Leicht desorganisierbar	Ziemlich große Granula vorhanden	—
		13 *g*	Einzelne Teilungen	Indirekte	Leicht desorganisierbar	Ziemlich große Granula vorhanden	—

Schlußbetrachtung.

Über Tiefgrünwerden des immergrünen Laubes.

Wie schon früher hervorgehoben, beruht die Sättigung der grünen Laubfarbe im allgemeinen (nach Wiesner[1]) 1. auf der Chlorophyllpigmentbildung und 2. auf der Abnahme des Xanthophylls im Verhältnis zum Chlorophyll. Im bezug auf die erste Bedingung habe ich, wie man aus der tabellarischen Übersicht klar ersieht, bei etwa 20 Pflanzengattungen, meistens den immergrünen Nadelhölzern (Coniferen) konstatiert, daß diese Neubildung des Chlorophyllfarbstoffes immer an neugebildete Farbstoffträger, d. h. Chloroplasten, gebunden ist. Diese Vermehrung der Chloroplasten geht ausschließlich[2] durch den Teilungsprozeß vor sich. Nur in einigen Fällen, wie bei *Calothamnus alaunata*, *Cephalotaxus Fortunei* und *Picea excelsa*, habe ich Teilungen nicht mit Sicherheit beobachten können, was auf weit fortgeschrittenes Tiefgrünwerden des untersuchten Materials zurückzuführen ist. Abgesehen von diesen wenigen zweifelhaften Fällen bin ich doch geneigt, auf Grund des Befundes einer stetigen Beziehung der Chloroplastenvermehrung zu dem Tiefgrünwerden immergrüner Blätter bei allen untersuchten Holzgewächsen den Satz Wiesner's (l. c.) zu verallgemeinern. Es ergibt sich daraus, daß das in späteren Vegetationsperioden erfolgende Tiefgrünwerden des immergrünen Laubes, insbesondere der immergrünen Nadelbäume, immer mit einer Vermehrung der Chloroplasten verbunden ist.

Damit ist aber die Zunahme der individuellen Intensität in der Färbung der grünen Chloroplasten gar nicht in Abrede gestellt. Wir können natürlich den Chloroplasten als wirklichen Trägern des grünen Farbstoffes ein spezifisches stationäres Grün, d. h. ein spezifisches Maximum der Sättigung der

[1] Vgl. Wiesner, l. c., p. 241.

[2] Über den einzigen Fall der Chloroplastenbildung aus Plastiden der *Cryptomeria elegans* gilt das früher Gesagte. Vgl. p. 1357.

protoplasmatischen Grundsubstanz der Chloroplasten mit dem Chlorophyllpigment, zuschreiben, aber wann dieses Maximum erreicht wird, können wir nicht entscheiden. Die verschiedenen Nuancen der grünen Färbung lassen sich an mikroskopisch kleinen Chloroplasten nicht beurteilen; man kann höchstens nur im äußersten Falle von blaßgrünen und dunkelgrünen Chloroplasten reden. Man könnte annehmen, daß die Chloroplasten mit der völligen Ausbildung auch ihr spezifisches Maximum der Farbstoffsättigung erreichen, jedoch ist auch kein Grund vorhanden, daß dies erst viel später eintritt. Übrigens ist die grüne Färbung der Blätter und ihrer Chloroplasten, den verschiedenen äußeren Einflüssen (Licht,[1] Kälte,[2] winterliche Verfärbung[3]) unterworfen, woraus sich auch die mannigfaltige Variation der spezifischen Laubfarbe ergibt. Gerade in diesem Falle handelt es sich nicht um eine Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffes, welcher später neugebildet werden kann.[4] Ich halte es auch für nicht ausgeschlossen, daß mit der Zunahme der Färbung bei ausgewachsenen immergrünen Blättern einigermaßen die Zunahme der individuellen Intensität in der Färbung der Chloroplasten verbunden sein kann. Wie die Beobachtung von *Malpighia coccigera* und *Ruscus aculeatus* zeigt, kann auch die individuelle Größenzunahme der Chloroplasten als begleitende Erscheinung des Tiefgrünerwerdens, d. h. der Chlorophyllfarbstoffvermehrung, auftreten. Die Größenunterschiede der Chloroplasten bei den jungen und bei den alten Blättern der erwähnten Pflanzen erweisen klar,

---

[1] Wiesner, Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der lebenden Pflanze. Festschrift, Wien 1876. — Wiesner, Lichtgenuß, l. c., p. 227.

[2] Wiesner, wie vorher, p. 224.

[3] G. Haberlandt, Die Untersuchung über die Winterfärbung ausdauernder Blätter. Diese Sitzungsberichte, Bd. 77 (1876). — Kraus, Über die winterliche Färbung immergrüner Gewächse. Bot. Zeit., 1872.

[4] Nach dem von Cäcilie Stein untersuchten Falle (Wiesner, l. c., p. 224) bei vergilbten Tannennadeln ist das neue Ergrünen derselben der Hauptsache nach auf eine Neubildung des Chlorophyllpigmentes und nur teilweise auf die Wiederherstellung der in Kälte teilweise zerstörten Chloroplasten zurückzuführen.

daß mit einer fortschreitenden Vermehrung die Chloroplasten auch an der individuellen Größe zunehmen.

Die Vermehrung der Chloroplasten, damit auch das Ergrünen bei ausgewachsenen immergrünen Blättern geht im allgemeinen sehr langsam vor sich.[1] Unter der mutmaßlichen Voraussetzung, daß die Dauer eines Teilungsprozesses im ganzen eine ziemlich konstante[2] ist, kann man nach der Anzahl der vorhandenen Teilungen innerhalb einer Zelle auf die Stärke der Vermehrung approximativ schließen. Gewöhnlich konnte ich nur zwei bis drei, auch weniger Teilungsstadien in einer Zelle beobachten, jedoch kann diese Zahl auch viel größer sein, wie z. B. bei *Sequoia sempervirens*, wo ich ein besonders reichliches Auftreten von Teilungen — über 15 — beobachten konnte. In den meisten Fällen geht diese Vermehrung im Palisadenparenchym viel lebhafter als im Schwammparenchym vor sich, was auch mit dem Unterschied im Ergrünen der Blattober- und -unterseite übereinstimmt. Manchmal zeigen verschiedene Blätter mit demselben Farbenton verschieden rege Chloroplastenvermehrung, was gar nicht unerwartet erscheint, wenn wir ihre individuellen Organisationsverhältnisse und die mannigfachen Ursachen berücksichtigen, welche das Zustandekommen des spezifischen Grüns bewirken.

Aus dieser Auseinandersetzung ersieht man deutlich, daß das Tiefgrünerwerden des immergrünen Laubes kein einheitlicher Vorgang ist, sondern daß dieses vielmehr auf einem Komplex von Erscheinungen beruht, von welchen die stets an Chloroplastenvermehrung gebundene Chlorophyllbildung als Hauptursache

---

[1] Dies gibt auch Wiesner (l. c., p. 230) für Coniferen an. Er führt das auf den Mangel jedweder Lichtschutzeinrichtung bei ausgewachsenen Coniferennadeln gegen Chlorophyllzerstörung zurück. Durch einen Papierschirm abgeblendet, wie es der Versuch zeigt, tritt an den Sprossen viel stärkeres Ergrünen ein.

[2] Über die Dauer eines Teilungsprozesses liegen in der Literatur meines Wissens keine Angaben vor und wir haben auch tatsächlich keinen einzigen Anhaltspunkt, nach welchem dieselbe beurteilt werden könnte. Die oben erwähnte Annahme beruht auf der gewöhnlichen Auffassung.

wirkt und die Abnahme des Xanthophylls im Verhältnis zum Chlorophyll, die mit der Vermehrung fortschreitende individuelle Größenzunahme der Chloroplasten und vielleicht unter Umständen überdies eine individuelle Intensitätszunahme der Chloroplastenfärbung als jeweilige Begleiterscheinungen vorkommen.

Über die Teilung der Chloroplasten.

Die Teilung der Chloroplasten kann, wie erwähnt, auf zweierlei Weise vor sich gehen: erstens allgemein durch die direkte[1] und zweitens seltener durch die indirekte Teilung, d. h. nach dem *Hartwegia*-Typus.[2] Dieser Bezeichnung bediene ich mich nicht auf Grund einer Vergleichung des Teilungsvorganges der Chloroplasten mit dem Kernteilungsvorgange, wie es Schmitz (l. c., p. 5) angibt, sondern aus dem einfachen Grunde, weil jede Chloroplastenteilung ein immer, wenn auch manchmal nur bis zu einer gewissen Grenze sich vollziehender Einschnürungsvorgang ist.[3]

---

[1] Diese direkte Art der Teilung oder eine vollständige Einschnürung (entdeckt von Nägeli 1846) wurde durch zahlreiche Beobachtungen (Hofmeister 1851, Milde 1852, Sachs 1862, Sanio 1864, Kny 1872 u. a.) als allgemeiner Vermehrungsvorgang der Chloroplasten anerkannt. Vgl. Meyer, Das Chlorophyllkorn, Leipzig 1883.

[2] Vgl. Fußnote 1, p. 1339.

[3] Von Schimper (Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde, Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI, 1885, p. 191) wurde schon betont, daß sich immer vor der Bildung der hellen mittleren Zone eine gewisse, mehr oder weniger starke Einschnürung der in die Länge gezogenen und zur Teilung vorbereiteten Chloroplasten vollzieht und dann erst die grüne Substanz auf entgegengesetzte Pole auseinandergeht, womit dieser typische Vorgang gekennzeichnet ist. Meine in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen decken sich vollkommen mit diesen. Wie sich dieser Vorgang weiter entwickelt und wie eine völlige Zweiteilung erfolgt, ist nach bisherigen Untersuchungen noch nicht ganz klar. Mikosch (l. c., p. 44) selbst gibt an, »daß die beiden polaren Partien weiter auseinanderrücken, die farblose Zone immer schwächer wird, bis sie endlich ganz verschwindet, womit die Teilung beendet wird«. Dieses Auseinanderrücken ist aber schon manchmal aus Mangel des Raumes nicht möglich und die vollständige Abschnürung findet doch statt. Schaarschmidt (Über die Teilung des

Die zweite Art der Teilung nach dem *Hartwegia*-Typus ist in sehr wenigen Fällen beobachtet worden. Nach dem Entdecker Mikosch (l. c.) hat Mayer (l. c.) auch bei den Blättern von *Hartwegia comosa* und Schimper[1] später noch bei *Iris germanica* die indirekte Teilung nachgewiesen; von Schmitz (l. c.) her sind ähnliche »Zerschneidungsvorgänge« der Algenchromatophoren bekannt.[2] Wie man aus den vorliegenden Untersuchungen ersieht, ist es mir gelungen, diese indirekte Teilung bei mehreren untersuchten Pflanzen als sicher zu beobachten, und zwar bei: *Hedera helix*, *Ruscus aculeatus*, *Heteropteris argentea*, *Taxus baccata*, *Cryptomeria japonica*, *Araucaria excelsa*, *Araucaria imbricata*, *Podocarpus laeta* und *Podocarpus nobilis*. Die helle mittlere Zone beobachtete ich bei diesen Pflanzen besonders schön und deutlich auf den außerhalb der Schnitte im Wasser liegenden und in Teilung begriffenen Chloroplasten. In diesem Falle ist aber auch eine Täuschung in der Beobachtung ausgeschlossen, welche bei in den Zellen liegenden Chloroplasten sehr leicht vorkommen kann, da gewöhnlich mit der hellen Zone versehene, in Teilung begriffene Chloroplasten von zwei einfach nebeneinander liegenden sehr schwer zu unterscheiden sind.

Chlorophylls, Refer. Bot. Zeit., 1880, I, p. 457) stellte sich diesen nicht so einfachen Vorgang als Auseinanderweichen der Fibrillen der protoplasmatischen Grundmasse vor, was aber durch Schimper (l. c.) und Schmitz widerlegt worden ist. Schmitz spricht von einer »Zerschneidung«. Meiner Meinung nach ist aber auch eine vollständige Einschnürung der hellen protoplasmatischen Mittelzone nicht ausgeschlossen. Ohne Rücksicht auf diesen Endvorgang ist, wie gesagt, immer die Vorbedingung bei dieser Art der Teilung ein gewisser Einschnürungsvorgang, welcher in diesem Falle als Gegensatz der direkten Teilung oder Einschnürung als »indirekte Teilung« bezeichnet werden kann.

[1] Schimper, l. c., p. 191.

[2] In neuester Zeit ist von Küster (Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Pflanzenzelle, Zeitschr. für allgem. Physiologie, 1904, Bd. IV, 2. u. 3. Heft, p. 221 bis 243) die Teilung nach dem *Hartwegia*-Typus bei *Funaria hygrometrica* beobachtet und gleichzeitig im Vergleich mit der Vakuolisierung der Chloroplasten als eine Degenerationserscheinung bezeichnet worden. Derselbe Forscher erwähnt noch, daß es ihm gelungen ist, durch verschiedene Eingriffe (mehrtägige Verdunklung in 0·5% Knopp'scher Nährlösung) den Teilungsvorgang von äußeren Einflüssen abhängig zu machen.

Schimper (l. c.) machte schon darauf aufmerksam, daß bei *Hartwegia* wie auch bei *Iris* neben der indirekten auch die direkte Teilung vorkommt. Nach den Beobachtungen von Schmitz[1] können sich bei den Algen die beiden Teilungsarten vielfach kombinieren. Ich selbst habe auch in fast allen erwähnten Fällen die beiden Teilungsarten nebeneinander vorkommend beobachtet. Schon diese Umstände neben anderen[2] weisen entschieden darauf hin, daß die beiden Teilungsarten keine entgegengesetzten und spezifisch verschiedenartigen Vorgänge sind, deren Auftreten voraussichtlich an bestimmte Bedingungskomplexe gebunden sein dürfte.

Über das Verhalten der Chloroplasten im Wasser.

Das Verhalten der Chloroplasten in verschiedenen Flüssigkeiten wurde schon von mehreren Forschern, welche sich mit dem Chloroplastenstudium befaßt haben, in Betracht gezogen und speziell von Bredow[3] in einer Schlußfolgerung folgendermaßen zusammengefaßt: »Die Widerstandsfähigkeit der Chromatophoren verschiedener Pflanzen, ja selbst derjenigen ein und derselben Pflanze, Reagentien, ja selbst Wasser gegenüber ist oft verschieden, während die einen schon durch Wasser völlig zerstört werden, bleiben andere oft energischen Reagentien gegenüber widerstandsfähig.« Es ergaben sich bei meiner

[1] Schmitz, Die Chromatophoren, Bonn 1882.

[2] Vgl. Anmerkung 1, p. 1370. — In neuester Zeit ist von H. Priestley und A. Irving (The Struktur of the Chloroplast considered in Relation to its Function, Annals of Botany, Vol. XXI, Nr. LXXXIII, July 1907, p. 407 bis 413) ähnliche Spaltung der Chloroplasten bei *Selaginella* und *Chlorophytum*, hervorgerufen durch den Einfluß von verdünnter Salz- und Zuckerlösung, beschrieben. Solche Spaltung kann nur im Lichte und unter Kohlensäureassimilation an den lebenden Chloroplasten zustande kommen. Eine Erklärung dieses Vorganges wird in der Struktur des Chloroplasten gesucht, da, wie die beiden Forscher fanden, nur das innere farblose Stroma durch erwähnte Zusätze zur Quellung gebracht wird und dadurch die äußere, gar nicht gequollene Chlorophyllzone infolge Spannung einfach gespalten wird. Es ist auch die Vermutung ausgesprochen, daß auch die normale Teilung in derselben Weise vor sich geht.

[3] H. Bredow, Beiträge zur Kenntnis der Chromatophoren. Pringsh. Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. 22, p. 414.

Untersuchung interessante Quellungsverhältnisse der Chloroplasten. Es zeigte sich in einigen Fällen, daß bei ein und derselben Pflanze die Chloroplasten in verschiedenen Altersstadien verschiedenes Quellungsvermögen besitzen. Ich erinnere nur an *Hedera helix, Ruscus aculeatus, Heteropteris argentea* und *Dammara robusta*, bei welchen Pflanzen die Chloroplasten in den jungen Blättern viel resistenter und weniger quellbar erscheinen als solche in den alten Blättern. Bei einigen anderen Pflanzen, wie *Taxus baccata, Abies pectinata, Picea excelsa, Araucaria excelsa* und *Araucaria imbricata* zeigt sich gerade der umgekehrte Fall; die Chloroplasten in den jungen Blättern sind viel leichter desorganisierbar als die der älteren. Bei anderen untersuchten Pflanzen konnte ich keinen solchen Unterschied im Quellungsvermögen der Chloroplasten wahrnehmen; meistens sind dieselben sehr stark quellbar, so daß sie gewöhnlich in der Folge eine vollständige Desorganisation erfahren. Manchmal zeigen die Chloroplasten bei ein und derselben Pflanze in ein und demselben Altersstadium verschiedene Quellbarkeit.

Nicht selten beobachtete ich bei einigen Pflanzen, wie *Abies pectinata* und *Podocarpus laeta* (Fig. 4), und zwar besonders im Blatt Mesophyllzellen charakteristische Quellungsstadien, bei welchen um den aufgequollenen und granuliert erscheinenden Chloroplasten eine helle, hyaline Randzone hervortritt.[1] Dies hat schon öfter mehreren Forschern Anlaß zur Auffassung gegeben, daß die Chloroplasten eine ursprünglich vorhandene Membran besitzen.[2]

[1] Wie schon erwähnt (p. 1354 dieser Arbeit), hat bereits Meyer diese Erscheinung beschrieben.

[2] Das Vorhandensein einer wirklichen Chloroplastenmembran wird von Mayer (l. c., p. 13) und Schmitz (Pringsh. Jahrb., Bd. XV, p. 167) bestritten. Bredow (l. c., p. 413), Frank Schwarz (Die morpholog. und chem. Zusammensetzung des Protoplasmas, Breslau 1887, p. 42) und Kny (Bot. C. Bl. 73 (1898), p. 438) glauben, eine Plasmamembran um das Chlorophyllkorn nachgewiesen zu haben. Küster (l. c., p. 239) spricht sich folgendermaßen aus: »Möglicherweise entsteht diese Haut erst während und infolge unserer experimentellen Eingriffe; ihre Ergebnisse lassen daher zwingende Schlüsse auf den Bau des normalen Chlorophyllkornes nicht ohne weiteres zu.« Tatsächlich ist bis jetzt eine Chloroplastenmembran nur von Haberlandt (Ber. der

Über das Vorkommen von Granula.

Zimmermann, der Entdecker der Granula, hat eine Reihe von Pflanzen bezüglich des Vorkommens dieser Körnchen untersucht und ihr Auftreten nur selten vermißt. Wie man aus den vorgeführten Untersuchungen ersieht, war es mir möglich, bei mehreren Pflanzen, und zwar hauptsächlich bei Coniferen, von welchen Zimmermann nur einige untersuchte, Granula zu beobachten. Es sind das folgende: *Taxus baccata, Pinus uliginosa, Cryptomeria japonica, Cryptomeria elegans,*[1] *Araucaria excelsa, Araucaria imbricata, Sequoia sempervirens, Podocarpus laeta* und *Podocarpus nobilis.* Bei Nichtconiferen, wie z. B. bei *Hakea suaveolens* und *Calothamnus alaunata*, konnte ich dieselben nicht mit Sicherheit nachweisen.

Was die Lagerung der Granula in der Zelle anbetrifft, so erwähnt Zimmermann, daß dieselben gewöhnlich sich in der Nähe der Chloroplasten befinden. Diese Lagerungsweise ist nach meiner Beobachtung manchmal sehr auffallend, da beinahe alle Granula vereinzelt oder zu zweit nebeneinander den einzelnen Chloroplasten anliegen. Daß Granula wirklich in einer Beziehung zu den Chloroplasten stehen, bleibt nur eine mutmaßliche Angabe. Jedoch besteht sehr wahrscheinlich eine entwicklungsgeschichtliche Beziehung zwischen beiden, welche die Annahme zuläßt, daß die Granula als protoplasmatische Körper ähnlicher Beschaffenheit wie die Chloroplasten ebenso wie diese aus protoplasmatischen Anlagen, d. h. aus Plastiden entstehen. Noch interessanter ist diese Lagerung, wie sie z. B. bei *Sequoia sempervirens* (Fig. 6) vorkommt. In den Zellen des Assimilationsgewebes bilden sich gewöhnlich einige Vakuolen. Die Chloroplasten liegen dicht an deren Wand und zwischen die Chloroplasten drängen sich die Granula, so daß gewöhnlich

deutschen Bot. Ges., XXIII, 1905, p. 441) bei *Selaginella Martensii* Spreng. mit Sicherheit festgestellt. Jedoch ist diese Plasmahaut der Chloroplasten von *Selaginella* mit der angeblichen Chloroplastenmembran nicht zu vergleichen, weil sie nur auf der Konkavseite des Chloroplasten auftritt und nach Haberlandt als lichtperzipierendes Organ dient.

[1] Bei dieser Pflanze hat auch Zimmermann (l. c., p. 50) Granula nachgewiesen, bei *Pinus longifolia* nicht mit Sicherheit.

um die Vakuole herum ein vollständiger Kranz von Chloroplasten und Granula gebildet wird. Nicht selten habe ich aber die Granula auch freiliegend im Protoplasma[1] beobachtet.

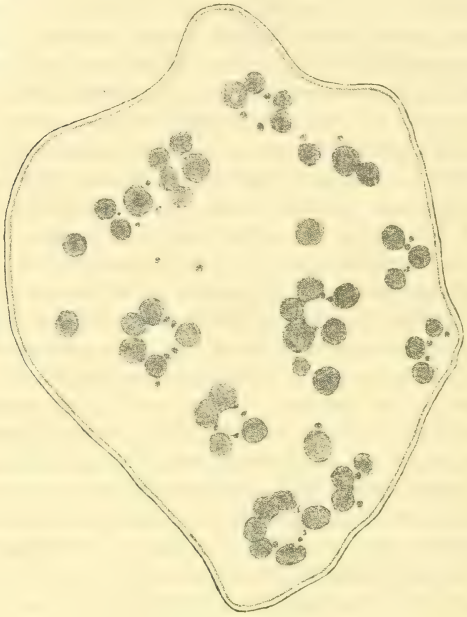


Fig. 6.

Schwammparenchymzelle aus einem Blatte von *Sequoia sempervirens*. Die Lagerung der Chloroplasten und der Granula um die Vakuolen (800 mal vergr.).

[1] Ich möchte noch darauf hinweisen, daß über die Bedeutung und Funktion dieser interessanten protoplasmatischen Gebilde in der Zelle noch gar wenig bekannt ist. Zimmermann (l. c., p. 52) hat die Granula in eine Beziehung zum Stoffwechsel zu bringen versucht.

Zusammenfassung.

1. Die Angabe Wiesner's, daß das Tiefgrünwerden der immergrünen Blätter der Holzgewächse nicht nur auf der Neubildung des Chlorophylls, sondern auch auf der Abnahme des Xanthophylls im Verhältnis zum Chlorophyll, wie auch auf der jeweiligen Chloroplastenvermehrung beruht, kann ich auf Grund der durchgeführten Untersuchung folgendermaßen bestätigend ergänzen:

a) Daß bei ausgewachsenen Blättern immergrüner Holzgewächse ein Fortschreiten des Ergrünens auch unter Neubildung von Chloroplasten stattfinden kann, habe ich für die folgenden Pflanzen konstatiert: *Hedera helix, Ruscus aculeatus, Evonymus japonica, Buxus sempervirens, Malpighia coccigera, Heteropteris argentea, Hakea suaveolens, Taxus baccata, Podocarpus laeta, Podocarpus nobilis, Araucaria excelsa, Araucaria imbricata, Abies pectinata, Abies Nordmanniana, Pinus Laricio, Pinus uliginosa, Dammara robusta, Cryptomeria japonica, Cryptomeria elegans* und *Sequoia sempervirens.*

b) Es ergibt sich, daß das in späteren Vegetationsperioden erfolgende Tiefgrünwerden des immergrünen Laubes, insbesondere der immergrünen Nadelhölzer, immer mit einer Vermehrung der Chloroplasten verbunden ist.

c) In einigen Fällen (*Malpighia coccigera* und *Ruscus aculeatus*) kann die Vermehrung der Chloroplasten mit der individuellen Größenzunahme derselben verbunden sein.

2. Auf Grund der vorgeführten Ergebnisse kann man das Zustandekommen der tieferen Färbung der ausgewachsenen Blätter immergrüner Holzgewächse als einen Komplex von Erscheinungen deuten, von welchen die stets an Chloroplastenvermehrung gebundene Chlorophyllbildung als Hauptursache wirkt; sie wird unter Umständen von der Abnahme des Xanthophylls im Verhältnis zum Chlorophyll (Stein), von der mit der Vermehrung fortschreitenden individuellen Größenzunahme der Chloroplasten und vielleicht überdies von einer individuellen Intensitätszunahme der Chloroplastenfärbung begleitet.

3. Die Vermehrung der Chloroplasten erfolgt bei den ausgewachsenen Blättern immergrüner Holzgewächse ausschließlich durch den Teilungsvorgang, und zwar nach den beiden Modalitäten der direkten und indirekten Teilung, welche in der Regel nebeneinander vorkommen. Die letztere, d. h. die Einschnürung in der hellen mittleren Zone habe ich bei folgenden Pflanzen beobachtet: *Hedera helix*, *Ruscus aculeatus*, *Heteropteris argentea*, *Podocarpus laeta*, *Podocarpus nobilis*, *Araucaria excelsa*, *Araucaria imbricata* und *Cryptomeria japonica*.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Prof. Dr. Julius Wiesner für die Anregung zu dieser Arbeit sowie auch für die liebenswürdige Unterstützung bei ihrer Durchführung meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Auch Herrn Privatdozenten Dr. K. Linsbauer bin ich für die mir bei meiner Arbeit erteilten Ratschläge zu besonderem Danke verpflichtet.

Zweiter Bericht über geotektonische Untersuchungen in den Radstädter Tauern

von

V. Uhlig,

w. M. k. Akad.

(Mit 2 Tafeln und 1 Übersichtskarte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. November 1908.)

Im Anschluß an den ersten Bericht[1] über geotektonische Untersuchungen im Gebiete der Radstädter Tauern im Jahre 1906 enthalten die folgenden Zeilen die wichtigsten Ergebnisse der im Jahre 1907 in demselben Gebiet fortgesetzten Arbeiten.

Die Erkenntnisse, welche sich an die erste Begehung im Jahre 1906 knüpften, bezogen sich naturgemäß auf die allgemeineren Verhältnisse. Die folgenden Untersuchungen im Jahre 1907 mußten dagegen einerseits mehr in das Detail geführt und andrerseits über weitere, vordem nicht genauer begangene Partien ausgedehnt werden. So hat Dr. F. Seemann namentlich die Gegend des Lungauer und Steirischen Kalkspitz begangen, Dr. L. Kober ergänzte seine Untersuchungen in der äußerst verwickelten Hochfeindregion, Dr. W. Schmidt bewegte sich namentlich in der Gegend von Klein-Arl und Dr. F. Trauth führte das Studium des Mandlingzuges und des unteren Taurach- und Zauchentales bei Radstadt im wesentlichen zu Ende. Ich selbst konnte zunächst die Region des Pleislingkeils, der Steinfeldspitze und die Gegend von Untertauern näher untersuchen und Begehungen in verschiedenen Teilen des Untersuchungsgebietes vornehmen. Wie im vorigen Bericht sollen auch in diesem zunächst stratigraphische, dann tektonische Tatsachen besprochen werden.

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 115, Abt. I, Dezember 1906, p. 1719.

1. Stratigraphische Bemerkungen.

Ein nicht unwichtiges Ergebnis der ersten Untersuchungen des Jahres 1906 auf stratigraphischem Gebiet bildete die Erkenntnis der weiten Verbreitung und großen Mächtigkeit der Juraformation. Glimmerreiche, plattige Crinoidenmarmore, crinoidenführende Bänderkalke von rötlicher, grauer, gelblicher und schwarzer Farbe wurden als Vertreter dieser Formation aufgefaßt. Die Altersbestimmung stützte sich auf das häufige Vorkommen von *Pentacrinus*-Stielgliedern und auf den bekannten Fund Stur's und Diener's von canaliculaten Belemniten im Zehnerkar. Diese Belemniten wurden aber in einem dunklen Kalke gefunden, der eine viel geringere Rolle spielt als der helle Crinoidenmarmor. Gerade aus diesem Hauptgestein des Tauernjura waren bisher an Fossilien nur Crinoiden bekannt, deren geologische Beweiskraft jedenfalls etwas geringer ist als die der Belemniten. Daher ist es von einiger Bedeutung, daß nunmehr canaliculate Belemniten auch im eigentlichen gelblichen Crinoidenmarmor aufgefunden wurden. Die Zugehörigkeit der hellen, gelblichen und rötlichen, glimmerreichen Marmore zur Juraformation erscheint hiermit jedem Zweifel entrückt und damit ist auch die weite Verbreitung der Juraformation in den Radstädter Tauern neuerdings bekräftigt.

Der Fundort dieser Belemniten befindet sich im Großwandkar, westlich von Obertauern, und gehört einem mächtigen Jurazug an, der sich vom Nordabhang des Pleislingkeils über die Großwand und Glöcknerin ununterbrochen in das Zehnerkar verfolgen läßt.

Die Belemniten wurden an zwei Stellen gesammelt, einer höheren (siehe Taf. II, Fig. 1), im obersten Teile des Großwandkars, nahe dem Großwandvorgipfel und einer tieferen, nahe dem unteren Ende dieses Kars (siehe Taf. II, Fig. 2).[1]

[1] Die genaue Lage dieser Fundorte ist mangels näherer Anhaltspunkte auf der Karte sehr schwer zu beschreiben. Der obere Fundpunkt wurde von mir und Dr. Kober auf folgendem Wege erreicht. Wir erstiegen vom Hirschwandsattel das kleine Plateau auf der Höhe der Hirschwand, wendeten uns von hier, zuerst leicht ansteigend, nach links und bogen dann, etwa in

An der höheren Stelle besteht die Unterlage der Juracrinoidenkalke aus grauem und gelbrotem, marmorartigem Triasdolomit, gelbbraunem Eisendolomit (Fig. 1, g_1) und aus dunklen Pyritschiefern mit blaugrauen, schieferigen Kalkbänken mit Fossilspuren (Fig. 1, *a*). Darüber erscheint zunächst eine ungefähr 1·5 *m* mächtige Lage, die zerrissene Juramarmorfetzen von 0·1 bis 0·3 *m* Durchmesser enthält und von Pyritschiefer durchsetzt ist (Fig. 1, *b*). Auch die nächstfolgende, 1·5 bis 2 *m* mächtige Schicht führt noch einzelne Flasern von Pyritschiefer in gelblichgrauem Crinoidenkalk, der hie und da zertrümmert erscheint (Fig. 1, *c*). Der Crinoidenkalk dieser Schicht ist 1·5 bis 2 *m* mächtig, enthält zahlreiche Belemniten und geht nach oben in weißgelben, wohlgeschichteten, glimmerreichen Crinoidenmarmor von ungefähr 20 *m* Mächtigkeit über (Fig. 1, *d*). Weiter im Hangenden folgt weißer und grauer, streifiger, dünnplattiger Kalk, ungefähr 25 *m* mächtig (Fig. 1, *e*), darüber neuerdings gelblicher Crinoidenmarmor (Fig. 1, *f*) und endlich Gyroporellendolomit (Fig. 1, g_2).

An der tieferen Stelle sind die Schichten sehr steil gestellt oder selbst ein wenig überkippt, so daß der Juramarmor sehr steil unter den Pyritschiefer (Fig. 2, *a*) einschießt. Die Juraserie beginnt mit gelblichgrauem Crinoidenmarmor, der von einzelnen dünnen Pyritschieferlagen durchsetzt ist und den Schichten *b* und *c* des vorigen Durchschnittes entspricht (Fig. 2, *b*, *c*). Die erste pyritschieferfreie Bank des Crinoidenmarmors enthält zahlreiche Belemniten (Fig. 2, *d*); ebenso wurde auch noch in den nächstfolgenden grauen und gelben streifigen Kalken (Fig. 2, *e*) ein Belemnit aufgefunden. In der Abflußrunse ist das anstehende Gestein mit Geschieben überschüttet; am südlichen Gehänge erscheinen Pyritschiefer mit schlecht erhaltenen *Lithodendron*-Korallen (Fig. 2, *p*), die im oberen Durchschnitt (Fig. 1) fehlen, und darüber Juramarmor in großer Mächtigkeit (Fig. 2, *j*).

---

gleicher Höhe bleibend, in das Kar unter dem Großwandvorgipfel ein. Hierbei wurden zuerst Pyritschiefer, dann Juramarmor verquert. Die tiefere Fundstelle befindet sich etwa 100 *m* tiefer, nahe der Talrinne. Großwand und Großwandvorgipfel führen auf der Spezialkarte den unrichtigen Namen Teufelshörner.

Wie sich aus diesen Durchschnitten ergibt, kommen die Belemniten namentlich in den tiefsten Schichten des Juramarmors vor. Obwohl sie recht schlecht erhalten sind, kann man doch das Vorhandensein des Alveolarkanals und damit die Tatsache feststellen, daß der Juramarmor zum Oberjura (Oberdogger und Malm) gehören muß. Wie im Zehnerkar, so befinden sich auch hier die oberjurassischen Crinoidenmarmore in unmittelbarem Kontakt mit dem geologisch viel älteren Pyritschiefer, ohne daß eine Lagerungsdiskordanz nachweisbar wäre. Die Schichten zeigen im Gegenteil vollste Konkordanz, während aber an anderen Stellen der Kontakt zwischen Pyritschiefer und Juramarmor regelmäßige Verhältnisse aufweist, die in keiner Weise für den Bestand einer Lücke sprechen, ist er hier durch Zerreißungen des Juramarmors und Eindringen der Pyritschiefer zwischen die Fetzen des Marmors ausgezeichnet. Dies kann nicht die ursprüngliche Form der Ablagerung des Juramarmors sein, sondern deutet auf tektonische Bewegungen, Zerreißungen und Verschiebungen im Schichtenverband. So wie die Schichtenfolge hier trotz der vollen Konkordanz der Ablagerungen nicht die ursprüngliche ist, so könnte wohl auch an anderen Stellen eine tektonische Lücke zwischen dem Pyritschiefer und dem Juramarmor bestehen. Ob diese Möglichkeit wirklich zutrifft und namentlich in welchem Umfang, darüber läßt sich vorläufig noch nicht endgültig aburteilen, da das geologische Alter der Pyritschiefer doch nur ungefähr als rhätisch bestimmt ist.

Die geologische Altersbestimmung der Serizitquarzite und der damit verbundenen Serizitschiefer konnte bei dem vollständigen Mangel an Versteinerungen in dieser Schichtengruppe noch keiner positiven Lösung zugeführt werden, doch wurden einige Tatsachen festgestellt, die auch in stratigraphischer Beziehung von Belang sind.

Im ersten Berichte (l. c., p. 27, 28) wurde hervorgehoben, daß die weißen Quarzite stets an die fossilienführenden Kalk- und Dolomitgesteine gebunden, allerdings im Norden der Tauerndecke durch eine große Überschiebung von ihnen getrennt sind. Diese Feststellungen haben im weiteren Fortgang der Arbeit eine Bestätigung und zugleich auch eine

Ergänzung erfahren. Die mesozoischen Kalk- und Dolomitgesteine stehen mit den Quarziten in der Tat in einer gewissen engen Beziehung, denn wo das fossilienführende Mesozoicum an ältere Gesteine angrenzt, sind es immer die Quarzite, mit denen es in Berührung kommt. Aber diese Berührung ist nicht nur am Außenrand der Tauerndecke, sondern auch bei den inneren, südlicheren Decken, also ganz allgemein keine stratigraphisch normale, sondern stets eine anormale. An den Quarzit grenzt nicht Triasdolomit, sondern stets Juramarmor, seltener Pyritschiefer und dazwischen liegt fast überall Mylonit. Andrerseits hat es sich gezeigt, daß der Quarzit mit den Gesteinen der Gneisreihe eine Art von tektonischer Einheit bildet. Man kann aus diesem eigentümlichen Doppelverhältnis, auf das wir noch zurückkommen werden, keine Folgerungen auf das geologische Alter ableiten, muß es aber auch in stratigraphischer Hinsicht im Auge behalten.

Schon im ersten Bericht wurde die Frage aufgeworfen, ob die Serizitschiefer von den Serizitquarziten kartographisch trennbar sind und ob sie vielleicht eine besondere geologische Stufe vertreten. Leider konnte diese Frage bisher nicht näher verfolgt werden. Sie steht übrigens an Bedeutung anderen nach und die Aussicht auf eine glückliche Lösung ist vorerst nicht groß. Man müßte zunächst versuchen, Anhaltspunkte zur petrographischen Unterscheidung der Serizitschiefer, der Quarzite und der ihnen so ähnlichen Serizitchloritschiefer der Gneisreihe zu gewinnen, was genauere petrographische Untersuchungen zur Voraussetzung hat, die erst im Zuge sind. Man kann heute nur auf den Umstand hinweisen, daß an das fossilführende Mesozoicum in der Regel zunächst die echten weißen und weißgrünlichen Quarzite angrenzen, die Schiefer- und Gneisgesteine dagegen stets entfernter vom Kontakt liegen. Wenn es gelingen sollte, die den Quarzit begleitenden Serizitschiefer wenigstens im groben als Stufe aufzufassen, so ist zu vermuten, daß man ihnen eine tiefere Stellung wird zuweisen müssen als den eigentlichen echten Quarziten.

Im Rahmen der Bemühungen, dem geologischen Alter der Quarzite näherzukommen, mußte auch das in der Literatur

erwähnte Gipsvorkommen an der Ennsalpe,[1] das im ersten Untersuchungsjahre noch nicht aufgesucht werden konnte,[2] eine wichtige Rolle spielen. Der mit Dr. W. Schmidt ausgeführte Besuch der Ennsalpe hat ergeben, daß hier am Bergrücken nördlich der Ennskraxen in der Tat ein feinkörniges, einem gelblichweißen Alabaster täuschend ähnliches Gestein vorkomme.

Es erscheint als eine ungefähr 3·5 bis 5 *m* hohe und 8 bis 10 *m* lange, ringsum von Serizitschiefer und Serizitchloritschiefer[3] umgebene, aber von diesem scharf geschiedene, rundeckige Scholle. Das Gestein dieser Scholle ist aber kein Alabaster, sondern ein feinkörniger krystalliner Kalk, den ich auf Grund der gesamten Lagerungsverhältnisse, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann,[4] nur als eine abgerissene und verschleppte, in den Serizitschiefer eingepreßte Schubscholle (lame de charriage) von Jurakalk auffassen kann, wie solche auch nördlich der Ennsalpe, am Bergrücken zwischen der Ennskraxe und dem Grieskareck und nach F. Trauth auch auf dem Bergrücken zwischen dem Klein- und Groß-Arltal in großer Zahl zu beobachten sind. Jedenfalls ist das angebliche Gipsvorkommen am Ennsursprung zu streichen und damit entfällt auch dieser Hinweis auf das untertriadische Alter der Quarzite.

Schließlich sei noch der bisher unbekannten Tatsache gedacht, daß in den Serizitquarziten geschieferte basische Erstarrungsgesteine, wenn auch sehr selten, vorkommen können.

---

[1] M. Vacek, Verhandl. geol. Reichsanst., 1901, p. 384; F. Frech, Geologie der Radstädter Tauern, p. 11.

[2] Vgl. erster Bericht, p. 40 (1732).

[3] Der Schiefer ist an der Südseite der Scholle mit Kiesen bereichert, zu denen vor Jahren ein kleiner Einbau angelegt worden zu sein scheint, dessen Spuren noch erkennbar sind. Auch das Material der Kalkscholle scheint gebrochen worden zu sein.

[4] Es sei hier nur erwähnt, daß der Triasdolomit des Ennskraxenkogels in verkehrter Lagerung auf Pyritschiefer und Juramarmor aufliegt, unter denen Serizitquarzit die tiefere Unterlage bildet. In der nördlichen Fortsetzung des Kraxenkogels ist der Triasdolomit, dessen Schichtenköpfe flach in die Luft ausstreichen, denudiert, von seiner Unterlage sind aber stellenweise noch einzelne Fetzen, namentlich von Eisendolomit und Jurakalk, auf dem Quarzitrücken erhalten.

F. Trauth hat solche Gesteine an drei Punkten erkannt, und zwar Grünschiefer südwestlich vom Laheitberggipfel, nächst Flachau, östlich vom Roßfeldeck und Gründegg bei Mitter-Kleinarl, Serpentin im Saukar, zwischen Großkareck und Wildbichl.

Die Bemühungen, eine detailliertere Gliederung des Triasdolomits durchzuführen, sind bisher ziemlich resultatlos geblieben. Wohl kann man im Bereich dieser mächtigen Bildung mehrere Varietäten unterscheiden, so besonders den dichten weißen, teils ziemlich deutlich, teils undeutlich geschichteten Dolomit, der häufig in weißen brecciösen Dolomit übergeht, ferner schwärzlichgrauen, gestreiften, häufig ebenfalls brecciösen und deutlich geschichteten Dolomit, sodann dunkelgrauen, fast schwarzen, in mächtigen Bänken geschichteten Dolomit, endlich feinkörnigen, hell- und dunkelgrau gefleckten, verwittert hellgrauen Dolomit mit zahllosen Gyroporellen. Eine bestimmte Regelmäßigkeit im Auftreten dieser Varietäten konnte aber bisher in keiner Weise festgestellt werden. Manche dieser Varietäten, vielleicht alle, sind durch Übergänge verbunden.

Daß in die Zusammensetzung des Pyritschiefers ziemlich mannigfaltige Gesteine eintreten können, wurde schon im ersten Bericht hervorgehoben. Quarzite, die in diesem Bericht als Bestandteil der Pyritschiefergruppe genannt wurden, haben sich zwar bei näherer Untersuchung als zur Gruppe der Serizitquarzite gehörig erwiesen; dagegen konnten an manchen Punkten streifige, braune, schieferige Sandsteine aufgefunden werden, die nach Westen hin an Mächtigkeit zuzunehmen scheinen. Obwohl fast jedes Pyritschieferband durch gewisse Eigentümlichkeiten gekennzeichnet ist, kann man doch im großen und ganzen eine vorwiegend kieseligschieferige und eine vorwiegend kalkigschieferige Ausbildung unterscheiden. Letztere führt Korallenkalkbänke und Bänke mit undeutlichen Bivalvenschalen von rhätischem Habitus.

In gewissen Pyritschieferzonen stellen sich Dolomitbänke von wechselnder Mächtigkeit ein, die bei stärkerer Entwicklung die Trennung vom eigentlichen Gyroporellendolomit erheblich erschweren können. Besondere Aufmerksamkeit verdienen dichte, innen weiß oder grau, außen gelbbraun oder rotbraun

gefärbte, eisenschüssige Dolomitbänke, die von grünlichen dolomitischen Pyritschiefern durchwachsen sind. Sie nehmen im allgemeinen den Grenzhorizont zwischen dem Gyroporellendolomit und dem Pyritschiefer ein und sind in dieser Stellung im ganzen Gebiet verbreitet. Obwohl sie in einzelnen Fällen nur handbreit sind, in anderen meterdick, wieder in anderen die Mächtigkeit von 5 bis 20 *m* erreichen können, dürften sie bei der Regelmäßigkeit ihres Auftretens doch ein besonderes Niveau repräsentieren, für dessen geologische Altersbestimmung uns nur leider keine paläontologischen Anhaltspunkte vorliegen. Nach ihrer stratigraphischen Stellung wird man sie als geologisch jünger ansehen müssen als die Gyroporellendolomite und als älter als die Rhätstufe.

Diese Eisendolomite sind auch in tektonischer Beziehung von Bedeutung: ist eine übermächtige Dolomitmasse von einem gelben Eisendolomitband durchzogen, ist sie nicht als einfache, sondern doppelte Schichtenfolge aufzufassen. Stets neigen die Eisendolomite zur Bildung von Breccien; bisweilen ist diese Breccienbildung nur angedeutet, häufiger aber wohlausgeprägt. Ein Teil der sogenannten Schwarzeckbreccien gehört speziell diesem Grenzhorizont an. Häufig ist der Eisendolomit von Quarzadern durchsetzt. Wir beschränken uns hier auf diese kurzen Andeutungen und behalten uns die nähere Beschreibung für später vor.

Gewisse Erwägungen drängen uns die Frage auf, ob die Pyritschiefer nicht vielleicht eine komprehensive Gruppe bilden und außer dem Rhät noch andere, und zwar jüngere Horizonte umfassen. Nach unten konnten wir den rotbraunen Eisendolomit als besonderen und beständigen Horizont abtrennen. Die obere Grenze der Pyritschiefer ist durch die hellen Crinoidenmarmore gegeben, die durch Belemnitenfunde immer deutlicher als oberjurassisch hervortreten. Sonach scheinen wir hier vor einer großen Lücke zu stehen, die ungefähr dem Lias entspricht. Die oben beschriebenen Beobachtungen an der Grenze zwischen Pyritschiefer und Belemnitenmarmor im Großwandkar ermöglichen zwar die Annahme einer tektonischen Lücke, es ist aber nicht wahrscheinlich, daß sich diese Lücke überall in demselben stratigraphischen Horizont einstellt. Auch ist es

nicht wahrscheinlich, daß der in den Alpen sonst allgemein verbreitete Lias gerade hier schon ursprünglich nicht vertreten war oder, mit anderen Worten, daß hier eine Ablagerungslücke vom Umfang des Lias besteht. Es erschien unter diesen Umständen geboten, nach Versteinerungen des Lias nicht nur im Marmorkomplex, sondern auch im Pyritschiefer zu suchen. Leider aber hatten unsere Bemühungen in dieser Beziehung bisher keinen Erfolg.

2. Tektonische Bemerkungen.

Die Lagerungsform der Tauerngebilde wurde im vorjährigen Bericht als eine schuppen- oder, besser gesagt, deckenförmige angesprochen. Die Decken, so wurde bemerkt, exponieren ihre Schichtenköpfe nach Süden und Südwesten und lassen die Schichtflächen, im allgemeinen und von gewissen lokalen Abweichungen abgesehen, nach Norden bis Nordosten abfallen. Ihre Unterlage bilden die Gesteine der sogenannten Schieferhülle. Behufs erster, allgemeinster Orientierung wurde das verwickelte Deckengefüge der Radstädter Tauern vorläufig in drei von Norden nach Süden aufeinander folgende Hauptglieder zerlegt: die Quarzitdecke, die Tauerndecke, die Speiereck- und Hochfeinddecke. Ferner wurde erwähnt, daß die erstgenannte Decke hauptsächlich aus dem weißen, vermutlich untertriadischen Serizitquarzit, die beiden letzteren vorwiegend aus mesozoischen Dolomiten, Kalken und Schiefern bestehen. Sodann wurde hervorgehoben, daß die Tauerndecke einen gestauten und in liegende Falten gelegten südlichen und einen flacheren, gleichsam frei abfließenden nördlichen Teil aufzeige und daß die Deckscholle des Spazieger[1] und der tiefe Einschnitt der Taurach zwischen der Gnadenalpe und Untertauern die Feststellung erlauben, daß der flach nach Norden sich senkende Teil der Tauerndecke mindestens 8 *km* weit von der Quarzitdecke überlagert ist. Endlich wurden einige Details über die Lagerung der Tauerndecke mitgeteilt und der merkwürdige, aus Jurakalk und Serizitbrocken bestehende, gelbbraune Mylonit

[1] Auf der Spezialkarte unrichtig als Spirzingerkogel und Spatzeck bezeichnet.

besprochen, der sich regelmäßig am Kontakt der Quarzit- und der darunter liegenden Tauerndecke vorfindet.

Die Untersuchungen des Jahres 1907 haben diese Feststellungen bestätigt und in manchen wesentlichen Punkten ergänzt. Sie bezweckten vor allem die nähere Erforschung der speziellen Deckentektonik und erstreckten sich auf die Zusammensetzung der im vorhergehenden Sommer nur flüchtig berührten Quarzitdecke, sodann auf einzelne jener Kalk- und Dolomitinseln, die im Jahre 1906 noch nicht genügend begangen werden konnten, wie die kleine Insel des Brandstattgrabens zwischen Untertauern und Radstadt und die größeren Massen des Lackenkogels bei Radstadt und der Kalkspitzen östlich von Obertauern.

Der nördliche Teil der Tauerndecke.

Es hat sich nun gezeigt, daß die eben genannten Dolomit- und Kalkinseln sämtlich Fenster der Tauerndecke bilden, die aus der Quarzitdecke hervortreten (siehe Taf. II, Fig. 3). Sowohl die Identität der Gesteine wie auch die Lagerungsverhältnisse machen dies klar ersichtlich. Während im ersten Bericht nur von einer 8 *km* breiten Überdeckung der Tauerndecke durch die Quarzitdecke gesprochen werden konnte, ist nunmehr erkannt, daß diese Überdeckung an einer Fläche stattfindet, die sich in nordsüdlicher Richtung mindestens 13 *km*, in südöstlicher mindestens 21 *km* weit erstreckt.

Die in großen Zügen einfache Lagerung des nördlichen, flachen Teiles der Tauerndecke wurde schon im vorjährigen Berichte beschrieben. Die große, ringsum isolierte Quarzitmasse des Spazieger wurde als eine auf dem Jura der Tauerndecke schwimmende Deckscholle der Quarzitdecke charakterisiert. Ihre Abtrennung von der zusammenhängenden Quarzitdecke ist bedingt durch das nördlich davon eintretende Aufbäumen der Tauerndecke an der Steinfeldspitze und am Bärenstaffel, dem weiter nach Norden abermals eine Absenkung der Tauerndecke folgt. Die am Leckriedel und an der unteren Gnadenalpe niedergehaltene Tauerndecke steigt nach Norden hin im Taurachtal neuerdings an, erreicht bei der Beilhütte und am Schlaningbach den Scheitelpunkt, um sich nach Untertauern

ziemlich rasch stirnartig zu senken. Dieser Teil der Decke ist im Taurachtal südlich von Untertauern so klar erschlossen, daß auch die beigegebene Photographie (Taf. I) das Wesentliche der geologischen Verhältnisse ersichtlich machen dürfte. Man erkennt im Bilde allerdings nur den Scheitel und die Absenkung des Triasdolomits der Tauerndecke, während das Band der Pyritschiefer, des Juramarmors und der Rauchwacke zwischen Triasdolomit und Quarzit, weil es keine Felsen bildet, im bewaldeten Terrain nicht deutlich hervortritt; aber die Überdeckung der Tauerndecke durch die gewaltige Masse der Quarzite ist deutlich zur Anschauung gebracht.

Nördlich von der nach Norden blickenden Wölbung der Tauerndecke in Untertauern senkt sich der aufliegende Quarzit mit nördlicher Neigung bis zum Talgrund herab, aber schon 1·2 *km* nördlich davon taucht beim Lackengut und dem Untertaurer Jägerhaus die Tauerndecke mit Triasdolomit, Pyritschiefer, Jura und Rauchwacke neuerdings unter dem Quarzit auf, erreicht einen Scheitelpunkt, der weniger hoch liegt als der vorhergehende Scheitel der Beilhütte und des Schlaningbaches, und senkt sich sodann wieder unter den Talgrund, um endlich im Brandstattwald abermals und zum letzten Male aufzutauchen und sich definitiv unter den Quarzit zu senken. Der Serizitquarzit senkt sich, wie schon im ersten Bericht erwähnt wurde, unter die Schiefer der »Grauwackenzone« und den ostalpinen Triaszug des Mandlingpasses. Der Abstand des nördlichsten Fensters der Tauerndecke im Brandstattwald vom Südrand der Grauwackenzone beträgt nicht mehr als 1 *km*. Es ist daher wahrscheinlich oder mindestens möglich, daß die Tauerndecke hier noch nicht ihren wirklichen endgültigen Abschluß nach Norden erreicht, sondern sich auch noch unter der Grauwackenzone und dem ostalpinen Mandlingzug eine Strecke weit fortsetzt.

Das rundlich begrenzte Fenster im Brandstattwald steigt steil aus der Tiefe auf und erreicht eine ähnliche Scheitelhöhe wie das Fenster beim Lackengut. Es ist nur im Talgrund und am tiefsten Teile des Gehänges erschlossen, darüber erhebt sich in großer Mächtigkeit der Serizitquarzit der Kemathöhe und des Vorderen Labenecks. Im Fenster treten nicht nur

Triasdolomite zutage, sondern auch Pyritschiefer und derselbe rötlich, weiß, grau und schwärzlich gestreifte Bändermarmor, der besonders für die Tauerndecke charakteristisch ist. Die im großen genommen einfache Lagerung ist im Detail namentlich an dem auch hier von mächtigen Mylonitbildungen begleiteten Kontakt mit dem Serizitquarzit ziemlich kompliziert. Die beiden Flügel des Fenstergewölbes sind nicht gleich stark geneigt: der südliche steigt ungefähr unter 45° an, der nördliche senkt sich etwas steiler, unter 50 bis 70° zur Tiefe ab. Dasselbe Verhalten zeigt auch die Deckenwölbung beim Lackengut und die Senkungsregion von Untertauern. Sonach zeigen sämtliche Wölbungen und Senkungen der Tauerndecke im Taurachtal einen ähnlichen Bewegungsrhytmus im Sinne einer von Süden nach Norden erfolgten Bewegung.

Es sei schließlich noch erwähnt, daß Herr Dr. Friedrich Trauth, der die Gegend nördlich von Untertauern im Detail untersucht hat, auf der 1·6 *km* langen Strecke zwischen der Deckenversenkung von Untertauern und dem Fenster des Lackengutes noch eine weitere kleine Aufwölbung der Tauerndecke nachweisen konnte, die aber nur an der rechten Talseite nahe dem Talgrunde bei Branntenberg aufgeschlossen ist.

Die verhältnismäßig ruhige Absenkung der Tauerndecke nach Norden, wie sie das Taurachtal aufschließt, bildet aber keineswegs die Regel für die ganze Ausdehnung dieser Decke. Schon die Westflanke des Brandstattfensters zeigt durch ihre steile, ja selbst inverse Stellung eine Ungleichmäßigkeit der Bewegung an. Noch deutlicher beweisen das rasche, fast unvermittelte Verschwinden der Aufbäumung der Steinfeldspitze nach Osten und die steilen Aufwölbungen der Fenster des Lackenkogels und der Kalkspitzen, daß die Scheitelfläche der Tauerndecke sehr unruhig bewegt ist, sich rasch, stark und stellenweise ohne deutliche Gesetzmäßigkeit erhebt und senkt.

Die Aufwölbung der Tauerndecke beim Lackengut im Taurachtale verschwindet nach Westen hin in ungefähr 1200 *m* Seehöhe unter der Quarzitdecke. Nur 2 *km* weiter westlich taucht die Tauerndecke bei Labeneck in 1758 *m* neuerdings wieder mit steilen Schichten aus dem Quarzit hervor und

bildet eine am Lackenkogel bis 2049 *m* ansteigende, ungefähr 3 *km* breite und 6·5 *km* lange Kuppel. Auch hier ist der geologische Bau, im großen betrachtet, ziemlich einfach, aber das Dach der Kuppel zeigt auch hier nahe dem Kontakt mit der denudierten Quarzitdecke intensive Verwicklungen, die von von Dr. Trauth mit großer Sorgfalt studiert und kartographisch verzeichnet wurden. Ebenso rasch wie am Ostrand vollzieht sich diese Aufwölbung der Tauerndecke auch am Nord-, West- und Südrand und dies ist um so bemerkenswerter, als sich diese starke Aufwölbung im nördlichen Teile der Tauerndecke einstellt und ihr Nordrand vom Südrand der »Grauwackenzone« nur 1·2 *km* entfernt ist.

Das große Fenster der Kalkspitzen befindet sich in einem mehr nach innen und Süden gelegenen Teile der Tauerndecke (siehe Taf. II, Fig. 4). Es steigt aus dem Talschluß der Forstau als schmale Wand zum Oberhüttensee an, erweitert sich hier zu der großen, breiten, am Lungauer Kalkspitz bis 2468 *m* sich erhebenden Masse der drei Kalkspitzen, mit der die flachliegenden kleineren Partien der Plattenspitze und des Hundskogels zusammenhängen. Am Außenrand, das ist am Nord-, Ost- und Südostrand der Kalkinsel, senkt sich das Mesozoicum, wie schon F. Frech beobachtete, überall in deutlichster Weise unter die Quarzite der Quarzitdecke ein, die teils mittelsteil (wie zwischen Ursprungalpe und dem oberen Giglachsee und an der Nebelspitze), teils sehr steil (wie im Zirkus der Ursprungalpe) vom Mesozoicum abfallen. Im Zirkus der Ursprungalpe sind es ausnahmsweise Triasdolomite, die unter den Quarzit tauchen und in ziemlich ausgedehnter Weise in Rauchwacken umgewandelt sind; im übrigen aber sehen wir über dem Triasdolomit zunächst Pyritschiefer und dann Juramarmor, zum Teil in mächtiger Entwicklung aufgelagert, und erst über diesem erscheinen teils direkt, teils unter Vermittlung einer sehr geringfügigen Partie von Rauchwacke die schneeweißen, häufig sehr grobklastischen und konglomeratischen Quarzite. Der Außenrand zeigt somit dieselbe Lagerungsfolge wie das Tauernfenster und die übrigen bisher besprochenen Fenster der Tauerndecke.

Am Innenrand, z. B. in der Gegend des Hundskogels und der Wurmwandscharte ist die entgegengesetzte Lagerungsfolge zu beobachten: Die Quarzite bilden hier die Unterlage des Mesozoicums, über den Quarziten liegen Jurakalke oder mächtige Mylonitrauchwacken mit Jurakalkmassen, darüber Pyritschiefer und erst auf diesem Triasdolomit. Wir haben es somit mit einer mächtigen schiefen, nach Südwesten überhängenden Falte zu tun, deren Kern aus Triasdolomit, deren Hülle aus Pyritschiefer, Juramarmor und überschobenem und mitgefaltetem Quarzit besteht. Der triadische Kern dieser schiefen Falte muß nach unten hin mit jenem Dolomit der Tauerndecke zusammenhängen, der am Tauernpaß unter den Quarzit einfällt, und die Falte der Kalkspitzen ist sonach im Sinne einer von Südwesten her erfolgten Bewegung als Rückfalte zu bezeichnen.

Daß diese Auffassung richtig ist, ergibt sich namentlich aus dem nachweisbaren Zusammenhang mit dem großen Taurachfenster wie auch aus Beobachtungen am Innenrand des Kalkspitzgebietes. Der Zusammenhang mit dem Taurachfenster ist durch die geologischen Verhältnisse an der Sinnhubscharte (Große Scharte) gegeben. Eine mächtige Zone von brauner Rauchwacke führt aus dem Taurachfenster über diese Scharte in das Kalkspitzgebiet. Den tiefsten Einschnitt der Scharte nimmt Rauchwacke ein und darüber erhebt sich in recht flacher Lagerung und großer Mächtigkeit der weiße Quarzit der Quarzitdecke, der im Norden der Scharte die mächtigen Gaissteine, im Süden den Sockel des Seekarspitzes zusammensetzt. Aus der Rauchwacke treten Spuren von Pyritschiefer und an der Nordseite der Scharte Juramarmore in zwei flachgelagerten Felspartien hervor, die fast unmittelbar vom Quarzit überdeckt sind. Bildet der Quarzit im Norden und Süden dieser Scharte und im großen Taurachfenster unmittelbar ersichtlicherweise die Überdeckung der Jura- und Triasgesteine, so muß dies auch in dem damit zusammenhängenden Gebiet der Kalkspitzen der Fall sein. Wie die Deckenwölbung des Kalkspitzgebietes allmählich eine überhängende Form und damit die Natur einer Rückfalte annimmt, erkennt man an der Innenseite dieser Falte am Wege von der unteren zur oberen Hütte der Oberhüttenalpe im Forstautal. Unterhalb und bei der

unteren Hütte fällt der Quarzit der Quarzitdecke mit gewissen geringen Schwankungen steil von der darunterliegenden mesozoischen Decke ab, etwas höher oben stellt er sich ungefähr senkrecht, um etwas unterhalb der oberen Alphütte zuerst steil, dann immer flacher und flacher unter die mesozoische Decke der Kalkspitzen, zunächst unter Juramarmor und Pyritschiefer einzufallen. Der Übergang in die Rückfalte läßt sich hier schrittweise verfolgen.[1]

Der anormale Kontakt zwischen der Tauerndecke und der darüberliegenden Quarzitdecke zeigt interessante Einzelheiten. Daß er im allgemeinen durch ein fortlaufendes Band von brauner kalkiger Rauchwacke gekennzeichnet ist und daß dieser Mylonit sehr vorwiegend Bruchstücke der unmittelbaren Kontaktgesteine, also Quarzit und Juramarmor, seltener Bruchstücke von Triasdolomit enthält, wurde bereits im ersten Bericht hervorgehoben, ebenso die wechselnde Mächtigkeit dieser Bildung, die offenbar in erster Linie auf Kosten des Juramarmors und aus diesem entstanden ist. Es wäre aber noch zu bemerken, daß sich die Rauchwacke nicht immer streng auf die Kontaktfläche beschränkt, sondern auch etwas tiefer in den Juramarmor und die Pyritschiefer in unregelmäßiger Weise eindringt, doch so, daß der Zusammenhang mit dem anormalen Kontakt der überschobenen Masse ersichtlich ist oder vermutet werden kann. Am Kontakt kommt es zu mannigfaltigen untergeordneten Komplikationen: abgerissene Fetzen von Quarzit erscheinen wiederholt zwischen Jurakalk und selbst Pyritschiefer eingeschaltet und die Schichtenfolge erfährt ungeordnete, auf Schuppenbildung und Absplitterung zurückzuführende Verdoppelungen. Auch Schollen von Triasdolomit stellen sich in dieser Zone intensivster Verschiebung ein, wobei es leider zuweilen fraglich bleibt, ob es sich um den tieferen Gyroporellendolomit oder Dolomitbänke der Pyritschiefer handelt. Derartige untergeordnete, an die große Überschiebungsfläche geknüpfte und durch die Natur des Überschiebungsvorganges bedingte Komplikationen sind an

[1] Nähere Details über diese interessante Partie wird Herr Dr. Friedrich Seemann beibringen.

vielen Stellen, besonders auch im oberen Zauchtal zu beobachten.

Die Quarzit-Gneisdecke.

Die quarzitischen Gesteinsmassen, die sich auf dem nach Norden abfließenden Teil der Tauerndecke ausbreiten, bezeichneten wir im ersten Bericht und in den vorhergehenden Zeilen als Quarzitdecke. Diese Bezeichnung sollte nur provisorisch zur Verständigung dienen, war aber und ist noch jetzt durch die deckenförmige Lagerung und die Wurzellosigkeit der Quarzite gerechtfertigt.

Die Quarzitdecke besteht aber nur in der Gegend des Taurach- und Lackenkopffensters vorwiegend oder fast ausschließlich aus weißem Serizitquarzit und dem damit auf das innigste verbundenen hellgrünlichen Serizitschiefer; zwischen Obertauern und Mauterndorf dagegen, am Seekarspitz, im langgedehnten Zuge der Gamskarlspitze, des Gurpetschegg und der Faninghöhe erscheinen im Hangenden des Quarzites Gneisgesteine, die hinsichtlich der Lagerung mit dem Quarzit zusammengehen und mit ihm eine tektonische Einheit zu bilden scheinen. Die Quarzitdecke kann daher auch als Quarzit-Gneisdecke bezeichnet werden.

Zwischen Obertauern und Mauterndorf zeigen diese Gneisgesteine allerdings ein wenig typisches Aussehen: es sind vorwiegend feinschuppige, glimmerarme, sozusagen aplitische Gesteine von anscheinend recht eintöniger Zusammensetzung; ihnen schließen sich grüne chloritische Schiefer und Hornblendegesteine in bisweilen beträchtlicher Mächtigkeit an. Besonders in der Grenzregion gegen das mesozoische Tauerndeckensystem sind die Felsarten der Gneisreihe stark laminiert und geschiefert. Sie treten uns häufig als schmutzig grünliche, braun verwitternde, undeutliche Serizitschiefer und Serizitchloritschiefer entgegen und sind so sehr entstellt, daß es mindestens bei makroskopischer Betrachtung nicht leicht fällt, ihre wahre Natur festzustellen. So verschieden auch die deutlichen Gneise und die weißen Serizitquarzite voneinander sind, so sehr sie auch nach Entstehung und ursprünglicher Beschaffenheit voneinander abweichen, so schwierig ist in

manchen Fällen die Unterscheidung dieser Gesteine, wenn sie intensiv geschiefert sind und ihren ursprünglichen Charakter verloren haben. Diese durch die Vorgänge der Gebirgsbildung bedingte sekundäre Ähnlichkeit erschwert aber nicht nur die Unterscheidung der Felsarten, sondern auch die Erkennung ihrer wahren gegenseitigen Beziehungen.[1]

Trotz ihrer Entstellung erkannte Gümbel[2] am Seekarspitz die Gneisnatur dieser Gesteine an, um deren nähere geologische Kenntnis sich M. Vacek[3] sehr verdient gemacht hat. Einzelne Gesteinstypen hat A. Rosiwal[4] beschrieben. M. Vacek betrachtete diese Gesteine als Teil seiner Schladminger Masse, deren Hauptpartie im Hochgolling kulminiert.

Eine nähere geologische Untersuchung der Schladminger Masse, so interessant sie auch an sich wäre, fällt nicht in den Rahmen unserer Arbeit, wie er zu Beginn abgesteckt wurde. Wir haben daher über dieses Glied des Gebirgsgefüges hier nicht viel mitzuteilen. Es wurde nur die Grenzregion im Forstau- und im Preuneggtal, im Schladminger Obertal und in Weißbriach (hauptsächlich von Dr. F. Seemann) begangen und vorwiegend nach tektonischen Gesichtspunkten betrachtet. Es zeigte sich, daß im Anschluß an die undeutlichen geschieferten Gesteine der Gneisreihe ostwärts bald auch deutlicher ausgebildete Gesteine auftreten, die durch mancherlei Übergänge mit den Schiefergneisen, den Grünschiefern und Serizitschiefern verknüpft sind. Seemann konnte hier nicht nur Muskovit- und Biotitgneise von teilweise großschuppiger Beschaffenheit, sondern auch granatführende Gneise, Amphibolite und Glimmerschiefer unterscheiden.

In diesem Schieferverbande von altkrystallinem Habitus tauchen Felsarten von eugranitischer Struktur auf. I. A. Ippen, dem wir eine petrographische Untersuchung der Gesteine der

---

[1] Dieser Schwierigkeit ist es vermutlich zuzuschreiben, daß F. Frech die von M. Vacek mit Recht betonte Bedeutung der Gneise im Gebiete der Radstädter Tauern wenig beachtet hat.

[2] Geolog. Bemerk. über die warmen Quellen von Gastein. Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wissensch., 1889, 19. Bd., p. 373.

[3] Verhandl. geol. Reichsanst., 1893, p. 382; 1901, p. 361.

[4] Ebenda, 1893, p. 367, 368.

Schladminger Tauern[1] verdanken, erkannte, daß sie zum Teil Granite bilden, zum Teil aber auch den Tonaliten gleichen, zog es aber vor, diese letzteren mit der weniger bestimmten, allgemeineren Bezeichnung Diorit zu belegen. Diese Granite und Diorite scheinen vorzugsweise östlich vom Schladminger Obertal und Znachtal aufzutreten und sind nach Ippen mit Gneisen innig verknüpft.

Die Gesteine der Gneisserie überlagern den Quarzit, der das Hangende der Dolomite und Kalke der Tauerndecke bildet, als eine mächtige, weit ausgedehnte Masse, die aber selbst wieder durch höher im Hangenden auftretende Quarzitbänder geteilt ist. Ein solches höheres Quarzitband erscheint in der Gneisscholle des Seekarspitz bei Obertauern; F. Seemann beobachtete ein mächtiges derartiges Quarzitband an der Korspitze und am Roßfeld südwestlich von Schladming.

Gneis und Serizitquarzit liegen stets vollkommen konkordant; eine Ablagerungsdiskordanz zwischen diesen Bildungen konnte nicht erkannt werden, ebensowenig aber auch wirkliche Übergänge, die etwa beweisen könnten, daß der Quarzit dem geologischen Alter nach der Gneisserie sehr nahe steht. Kontakterscheinungen an der Grenze der Quarzite und Gneis-Granite sind bisher nicht aufgefallen, ebensowenig sichergestellte Intrusionen der Granit-Gneisserie in den Serizitquarzit. Wohl kommen scheinbare Wechsellagerungen dieser Gesteine vor, wie z. B. am Wege von Obertauern zum Grünwaldsee, da sie sich aber an der unmittelbaren geologischen Grenze dieser Bildungen einstellen, so sind sie wohl durch tektonische Vorgänge bedingt. In demselben Sinne sind wohl auch die tektonischen Breccien zu deuten, die F. Seemann an der Grenze von Quarzit und Gneis im obersten Znachtal und im westlichen Ursprungstal der Forstau in der Nähe der Steinkarlalpe aufgefunden hat.

Die Quarzit-Gneisserie ist nicht auf die große Quarzitdecke im Hangenden der Tauerndecke beschränkt, sondern sie erscheint, wie man weiß, auch im Bereich der tieferen Dolomit- und Kalkdecken in einzelnen schmalen Zonen und bewirkt

[1] Mitteil. d. naturwiss. Ver. f. Steiermark, Jahrg. 1901, p. 85 bis 134.

dadurch eine Sonderung der gesamten mesozoischen Kalk- und Dolomitgesteine in mehrere Teildecken. Endlich bildet sie auch die Basis der tiefsten Teildecke und scheidet diese von der Kalkphyllitserie der Schieferhülle.

Es hat sich nun, wie schon oben angedeutet wurde, die merkwürdige Tatsache ergeben, daß diese Gneis-Quarzitzonen keineswegs die regelmäßige Ablagerungsbasis der darüberliegenden mesozoischen Kalk- und Dolomitbänder bilden, sondern von diesen durch anormale Kontakte scharf getrennt sind. Dieselben Mylonite, die den Kontakt der Tauerndecke mit der Quarzitdecke begleiten, stellen sich auch an den tieferen Kontaktflächen ein. Aber auch da, wo die Mylonite nicht entwickelt scheinen, beweist der Umstand, daß die Quarzite stets an Juramarmor oder an Pyritschiefer angrenzen, die anormale Natur der Kontakte. Noch nirgends ist in den Radstädter Tauern über dem Quarzit Triasdolomit als normale Hangendbildung ohne Einschaltung von Mylonit angetroffen worden, wie man erwarten sollte, sondern stets Juramarmor oder Pyritschiefer. Diese Tatsache ist in allen Teilen des untersuchten Gebietes und von allen Beobachtern festgestellt worden.

Die Quarzit-Gneisserie einerseits und die mesozoische Kalk-Dolomitserie andrerseits sind daher nicht nur im Norden der Tauerndecke scharf getrennt, sondern diese Trennung zieht sich durch die ganzen Radstädter Tauern-Gebilde hindurch. Und so kann man in den Radstädter Tauern durchgehends zwei Gesteinsserien unterscheiden, die Gneis-Serizitquarzitserie und die Serie Triasdolomit, Pyritschiefer, Juramarmor, von denen jede eine engere tektonische Einheit bildet, die aber beide einer gemeinsamen Tektonik unterworfen sind.

Das Verhältnis der Kalk-Dolomitserie zur Gneis-Quarzitserie und zu der ostalpinen Kalkzone.

Eines der Grundgesetze der Tektonik der Radstädter Tauern besteht im vorwiegenden Nord- bis Nordostfallen der Schichtenpakete, das in gleicher Weise die Kalk-Dolomitbänder wie auch die dazwischen liegenden Gneisquarzitbänder

beherrscht. Das Gebirgsgefüge zerfällt aber nicht, wie so häufig bei gleichsinniger Lagerung, in eine Folge von einseitigen Schichtenpaketen oder Schuppen, sondern zeigt Wiederholung der Schichten in verkehrter Folge, wie bei regelmäßigem schiefen Faltenbau.

Verfolgt man z. B. ein Profil von einer tieferen Gneis-Quarzitzone durch das darüberliegende triadisch-jurassische Dolomit- und Kalkband zu einer höheren Quarzit-Gneiszone, so erkennt man als Mittelteil des Dolomit-Kalkbandes eine mächtige Gyroporellendolomitzone (siehe Taf. II, Fig. 3). Schmale Züge von Pyritschiefer und Juramarmor im Gyroporellendolomit können zwar die Tektonik etwas komplizieren; um aber die Darstellung nicht zu erschweren, wollen wir von diesen Details, die mit dem Hauptbau in Einklang stehen, hier absehen und sie einer späteren Darstellung vorbehalten. Wir gehen daher der größeren Klarheit halber von einem einfachen, nach Norden einfallenden Bande von Gyroporellendolomit aus. Im Hangenden des Gyroporellendolomits erscheint regelmäßig Pyritschiefer, darüber Juramarmor und über diesem aber Serizitquarzit und endlich Gneis. Der Kontakt zwischen Juramarmor und Serizitquarzit ist, wie wir wissen, kein ursprünglicher, da da sich zwischen beide Bildungen eine ununterbrochene, bisweilen sehr mächtige, oft in den Juramarmor eingreifende Zone von Mylonit einschiebt.

Im Liegenden des Gyroporellendolomits trifft man nun dieselben Bildungen mit isoklinalem, nördlichem Einfallen, jedoch in verkehrter Folge an: unter dem Gyroporellendolomit Pyritschiefer, darunter Jura, unter diesem Serizitquarzit und endlich, wo er entwickelt ist, auch Gneis. Auch hier wieder erscheint zwischen Jura und Serizitquarzit der braune kalkige Mylonit. Die Bänder von Pyritschiefer oder Juramarmor können zwar stellenweise auf geringe Mächtigkeit reduziert oder gar gänzlich unterdrückt, an anderen Stellen wiederum zu abnormer Mächtigkeit angestaut sein, allein diese Erscheinungen, die übrigens in einem hochgradig dislozierten Gebirge nicht befremden können, haben nur eine lokale Bedeutung und beeinträchtigen keineswegs die allgemeine Gültigkeit der beschriebenen Lagerungsverhältnisse.

Da sich auf diese Weise die Schichtenfolge im Hangenden des Gyroporellendolomits im Liegenden dieser Bildung wiederholt, so erscheinen merkwürdigerweise nicht die Quarzit-Gneis-, sondern die Gyroporellendolomitbänder als Kerne eines Faltenbaues, an dem mesozoische Schichten, Serizitquarzit und Gneis beteiligt sind.

Versucht man, die Quarzit- und Gneiszonen als Kernteile aufzufassen, so ergibt sich die Schwierigkeit, daß zu beiden Seiten der Gneis-Quarzitzonen nicht die geologisch älteren Gyroporellendolomite, sondern unmittelbar Juramarmore oder Pyritschiefer und erst auf diese Gyroporellendolomite folgen. Es läge nahe, diese Schwierigkeit dadurch beseitigen zu wollen, daß der Mylonit zwischen Juramarmor und Quarzit als zertrümmertes Gyroporellendolomit- und Pyritschieferband hingestellt wird. Aber bei dieser Annahme müßte man sich mit der Unwahrscheinlichkeit befreunden, daß der Dolomit sowohl im Liegenden wie im Hangenden des Quarzits überall zertrümmert wurde und in keiner Zone, wo der Dolomit erhalten ist, der Quarzit zur Oberfläche gelangen konnte. Überdies scheitert diese Annahme an der Tatsache, daß die zerriebene braune Grundmasse des Mylonits in dieser Position ausnahmslos kalkige und niemals dolomitische Beschaffenheit aufweist, daß ferner die eckigen Fragmente dieses Mylonits fast ausschließlich dem Juramarmor und dem Serizitquarzit entnommen sind und daß Bruchstücke von Dolomit an vielen Punkten fehlen, an anderen nur in geringer Minderzahl vorkommen. An manchen Stellen stecken besonders in der hangendsten Mylonitzone große, unregelmäßig begrenzte Jurakalkmassen neben vielen kleineren Trümmern im braunen Mylonit und das deutet wohl an, daß dieser Mylonit größtenteils auf Kosten des Jurakalkes entstanden ist, unter dem Drucke des darüber hinziehenden Serizitquarzits, der den Mylonit mit zahlreichen kleineren Quarzitfetzen und Serizitschuppen bereichert hat.

Es ist auch nicht möglich, etwa zweierlei Serizitquarzit-Gneiszonen zu unterscheiden, solche, die über Jurakalk überschoben sind, und solche, welche die regelmäßige Unterlage des Gyroporellendolomits bilden, denn keine von diesen

Quarzitzonen hat Gyroporellendolomit zum ursprünglichen Hangenden. Man kann daher nur die Gyroporellendolomite als Kerne des Faltenbaues ansehen und es kann sich nur darum handeln, ob die Dolomite unten wurzeln und nach oben antiklinal abgeschlossen sind oder ob sie ihre Wurzel im Süden und nach unten ihren Gewölbeschluß haben.

Es würde zu weit führen, in diesem vorläufigen Bericht diese Eventualitäten nach allen Richtungen eingehend zu erörtern. Wir werden uns nur auf wenige Bemerkungen beschränken. Im ersteren Falle müßte angenommen werden, daß die mesozoische Dolomit-Kalkserie autochthon wurzelt und von der Gneis-Quarzitserie überschoben ist. Nach oben und Süden geschlossene Dolomitgewölbe sind bisher nur im Fenstergebiete der Tauerndecke aufgefunden worden und daher könnten die geologischen Erscheinungen im nördlichen Teile der Tauern mit einer derartigen Annahme wohl in Einklang gebracht werden. Dagegen aber spricht die Tatsache, daß die Triasdolomite südlich der großen Entwicklung in den Radstädter Tauern an mehreren Stellen von oben her in den Kalkphyllit stechen, daher wurzellos sind. Überdies ist die Lagerung eine verkehrte, da nicht Gyroporellendolomit, sondern Juramarmor und Quarzit mit dem Kalkphyllit in Berührung kommt.

Der letztere Fall — Wurzellosigkeit der mesozoischen Kalk- und Dolomitgesteine und Abschluß derselben nach unten — ermöglicht zwei Eventualitäten: entweder ist nur die mesozoische Kalk- und Dolomitserie überschoben und die Quarzit-Gneisserie autochthon oder es bilden beide Serien in gemeinsamer Bewegung vorgeschobene wurzellose Decken. Wäre die Gneis-Quarzitserie autochthon, müßte sich das Mesozoicum von oben her tief und flach in das autochthone Gebirge eingedrängt haben. Dieser Annahme widerstrebt unter anderem die klar ersichtliche Tatsache, daß am Nordsaum des Tauernmesozoicums eine mindestens 13 *km* breite wurzellose Decke der Quarzit-Gneisserie besteht. Wir fühlen uns auf diese Weise zu der zuletzt aufgestellten Annahme gedrängt, daß beide Gesteinsserien gemeinsam bewegte wurzellose Decken bilden. In diesem Sinne bezeichnen wir das Meso-

zoicum als Deckensystem, das Schladminger Gneismassiv als Deckenmassiv.

Zu dieser Annahme gelangen wir aber nicht nur auf einem gewissermaßen indirekten Wege, sondern auch durch unmittelbare Beobachtung. Im Gurpetscheggzug verschmelzen nach den Beobachtungen von Dr. Leopold Kober südöstlich von Tweng die Quarzite der obersten Quarzitzone mit denen des tieferen Quarzitbandes zu einem nach unten konvexen Gewölbe, in dem die Triasdolomite eine nach unten geschlossene Stirn bilden. Dieselbe Erscheinung verfolgte L. Kober auch im Gebiet der Kalkphyllite im Zederhaustal, wo nach Norden geschlossene Stirnen von Triasdolomit, umgeben von Pyritschiefer und Juramarmor und eingehüllt in Serizitquarzit nachgewiesen werden konnten, die wie Keile in den Kalkphyllit eingepreßt erscheinen. Auch in anderen Gebieten ist diese Beobachtung gemacht worden, wie später im Detail beschrieben werden wird.

Stimmt nun auch dieses Ergebnis, daß sowohl die Kalk- und Dolomitdecken wie auch die Quarzit-Gneisserie von Süden herkommen und nach Norden und unten wurzellos abgeschlossen sind, mit den in anderen Teilen der Alpen gewonnenen Anschauungen überein, so bildet doch das eigentümliche Verhältnis der beiden Gesteinsserien zueinander eine ungewöhnliche Erscheinung. Die große Quarzit-Gneismasse im Norden der Tauerndecke erscheint gleichsam als der jüngste Teil des Schichtenbaues dieser Decke und die schmalen Gneis-Quarzitbänder zwischen und im Liegenden der tieferen Decken erscheinen wie rückläufige Schenkel mit verkehrter Schichtenfolge. Die Quarzit-Gneisserie kann nicht als Basalteil der Decken aufgefaßt werden, sondern sie umhüllt die nach unten tauchenden Trias-Juradecken so, wie wenn der Dolomit der geologisch älteste Kernteil, die Quarzit-Gneisserie der geologisch jüngste äußere Hüllteil der nach Norden abfließenden Decken wäre.

In der helvetischen Deckenregion der Schweiz stechen in einer gewissen Zone Flysch und Oberkreide als nach oben abgeschlossene, sogenannte falsche Antiklinalen von unten hervor und bewirken so eine Teilung der helvetischen Decken.

Dieselbe Rolle wie dort der Flysch spielt hier merkwürdigerweise die Gneis-Quarzitserie. So wie im Bereich der helvetischen Decken die geologisch jüngsten obersten Glieder der Schichtenserie am weitesten nach Norden vorgeschoben und am mächtigsten entwickelt sind, so ist auch hier die nördlichste Quarzit-Gneiszone am weitesten nach außen verfrachtet und am mächtigsten. Wir können somit sagen, daß sich in den Radstädter Tauern Gneis, Quarzit, Trias und Jura so verhalten, wie wenn sie eine fortlaufende Schichtenserie bilden würden, innerhalb deren aber Quarzit und Gneis die jüngsten Glieder repräsentieren.

Einerseits schiebt sich zwischen die Gneis-Quarzitserie und die Jura-Triasserie Mylonit ein, wie wenn es sich um zwei Deckensysteme handelte, andrerseits zeigt die Tektonik beider Serien einen gemeinsamen Zug, wie wenn die Bewegung, die zur definitiven Tektonik geführt hat, diese Serien gemeinsam wie eine einheitliche Decke vorgeschoben hätte. Vielleicht werden die Beobachtungen im Gebirge, die noch nicht zu völligem Abschluß gediehen sind, einzelne Züge an dem bisher gewonnenen Bilde verändern und die schließliche Deutung beeinflussen. Es erscheint daher nicht angemessen, in weitere Erklärungen dieser Tektonik einzugehen; die Vorstellung einer gemeinsamen Bewegung der beiden Gesteinsserien wird vielleicht vorläufig genügen. Nur ein Blick auf das Semmeringgebiet und auf das Verhältnis des Tauerndeckensystems zu den ostalpinen Decken möchte hier noch am Platze sein.

Im ersten Bericht über die Arbeiten in den Radstädter Tauern[1] wurde das Semmeringgebiet den mesozoischen Radstädter Tauerngebilden als eine in mancher Beziehung gleichartige Region an die Seite gestellt, nur wurde unter anderem der merkwürdige Umstand hervorgehoben, daß die rhätischen Bänderkalke und Pentacrinitenkalke immer unmittelbar auf dem Semmeringschiefer und Quarzit liegen, während der Gyroporellendolomit ein höheres Niveau einzunehmen scheint. Nunmehr zeigt es sich, daß in den Radstädter

[1] L. c., p. 41 (1733).

Tauern ähnliche Verhältnisse herrschen, und so könnte dieser Umstand, der ursprünglich befremdend erschien, vielleicht dazu beitragen, die Analogie zwischen dem Semmeringgebiet und den Radstädter Tauern zu erhöhen.

Über das Verhältnis des Tauerndeckensystems zu den ostalpinen Decken der nördlichen Kalkzone hat sich vor einiger Zeit E. Haug[1] in seiner so bedeutungsvollen und interessanten Studie über die Schubdecken der nördlichen Kalkalpen in folgendem Sinne geäußert. Gestützt auf die Frech'sche Darstellung der Radstädter Tauern faßte Haug das Tauerndeckensystem mit dem Mandlingzug zu einer geologischen Einheit zusammen; die stratigraphische Entwicklung schien ihm die größte Übereinstimmung dieser Einheit mit seiner bayerischen Decke *B* der eigentlichen Kalkalpen zu verbürgen und die tektonischen Verhältnisse schienen dafür zu sprechen, daß diese Einheit im Süden der Kalkalpen unter die Grauwackenzone versinkt, die Kalkalpen unterteuft und bei Salzburg als Decke *B* wieder zur Oberfläche auftaucht.

Die Zusammenfassung der Tauern- und der Mandlingentwicklung in der Stratigraphie Frech's und die Haug vorliegenden Beschreibungen der Lagerungsverhältnisse mußten in der Tat diese verführerische Auffassung nahelegen. Aber durch die Klärung der Stratigraphie und die notwendige Trennung des Mandlingzuges vom Tauernsystem verblassen alle Analogien mit der bayerischen Decke.

Das Tauerndeckensystem mit seinem weißen Serizitquarzit, seinem Gyroporellendolomit, dem schwarzen Pyritschiefer und dem glimmerreichen weißen und rötlichen Crinoiden- und Bändermarmor bietet, selbst wenn wir die Metamorphose der Gesteine weitgehend berücksichtigen, keine Anhaltspunkte zu einer Assimilierung mit einer der nordalpinen Entwicklungsreihen. Die geologischen Verhältnisse aber beweisen vollends, daß ein Wiederauftauchen des Tauerndeckensystems in einem Teile der Kalkzone unmöglich ist, denn die Stirnen der Kalk-Dolomitdecken sind ja nach Norden von Quarzit und Gneis umschlossen und können wohl aus dieser Umrahmung nicht hervortreten, außer etwa als zerrissene Schubsplitter.

[1] Bull. Soc. géol. de France, 4. sér., t. VI (1906), p. 414.

Gliederung und Verlauf des Tauerndeckensystems.

Die tektonische Gliederung des Tauerndeckensystems ist noch nicht über das ganze Untersuchungsgebiet, wohl aber über große Teile desselben ausgedehnt, so daß einige orientierende Bemerkungen hier mitgeteilt werden können.

Der leichteren Übersicht halber haben wir bisher neben der Quarzitdecke, deren Verhältnis zu den Kalk-Dolomitdecken im vorhergehenden besprochen wurde, zwei Teildecken provisorisch unterschieden, die Hochfeind-Speiereckdecke und die Tauerndecke. Es hat sich nun, namentlich dank den sorgfältigen Untersuchungen von L. Kober in dem Gebiet zwischen dem Zederhaus-, dem Lantschfeld- und Twengtal gezeigt, daß einerseits eine noch weitergehende Gliederung möglich ist, andrerseits aber die einzelnen Glieder des Deckenbaues nicht sehr tief geteilt sind. Die Teilung greift, wie es scheint, nicht sehr tief gegen die Wurzelregion zurück, so daß es sich mehr um kurze Digitationen als um eigentliche Teildecken handelt. Die Teildecken oder -Falten liegen nicht so sehr über- als voreinander und es ist kein deutlicher Unterschied zwischen untergeordneten Falten und Teildecken vorhanden. Die Falten verändern sich ziemlich rasch und werden durch neue abgelöst, so daß eine Verfolgung auf weite Strecken nicht bei allen Falten möglich ist.

Immerhin erscheint es vorteilhaft, an eine etwas speziellere Gliederung zu schreiten und die Speiereck-Hochfeinddecke in zwei Teildecken, die Speiereckdecke und die Hochfeinddecke, zu zerlegen. Ebenso kann man auch die Tauerndecke im weiteren Sinne in die Lantschfelddecke und die eigentliche Tauerndecke teilen, so daß in dem Gebiet zwischen Mauterndorf und der Flachau vorzugsweise vier schiefe Hauptfalten oder Decken unterschieden werden können: die Speiereckdecke, die Hochfeinddecke, die Lantschfelddecke und die Tauerndecke im engeren Sinne (siehe die tektonische Karte, Taf. III).

An der Südwest- oder Innenseite liegen dem Hauptschichtkopf des Tauerndeckensystems noch einzelne isolierte, größere

und kleinere Kalk- und Dolomitschollen vor. Südlich des Oberen Zederhaustales erhebt sich der unförmliche Dolomitklotz des Weißeck, flankiert von der kleineren Scholle des Rieding, und scheint durch seine ziemlich weit nach Süden gerückte Lage die Zugehörigkeit zu einer Falte zu bekunden, die noch etwas mehr nach innen gerückt ist als die Speereckdecke. Bei Fell, Oberweißburg und östlich und westlich vom Lahneck im Zederhaustal, ferner südlich vom Tappenkarsee und an anderen Punkten kommen einzelne kleinere und kleinste Schollen des Tauerndeckensystems vor, die als Stirnteile von kleineren Falten von oben her in die Schieferhülle gleichsam hineinstechen, möglicherweise zum Teil auch nur Schubsplitter bilden. Unter allen Umständen beweisen diese isolierten Vorposten, daß sich das Tauerndeckensystem viel weiter nach Süden erstreckte, als die heutige Lage des Hauptschichtenkopfes andeutet.

Die Speereckdecke beginnt am Speereck bei Mauterndorf und läßt sich nach L. Kober's Aufnahmen gegen Nordwesten bis zur Zmüling, zum Teil in sehr verdünntem und ausgewalztem Zustand, verfolgen. Die Hochfeind-Weißeneckdecke setzt bei Mauterndorf ein, zieht in einem weiten Bogen, zum Teil unterbrochen bis zur Stampferwand und von hier weiter nach Westen.

Beide Decken zeigen nach Kober's Beobachtungen untergeordnete Spaltungen, die sich von Süden her übereinander wälzen. Beobachtbare Dolomitstirnen scheinen dafür zu sprechen, daß sich einzelne dieser untersten Decken nicht allzu weit nach Norden, beziehentlich Nordosten erstrecken. Vielleicht handelt es sich hier vorwiegend um kurze, nicht tief eindringende Falten, wie denn Kober einzelne Teilfalten des Hochfeindgebietes von der Wurzel bis zur Stirn verfolgen konnte. Das würde aber allerdings nicht ausschließen, daß sich andere solche Teildecken dennoch etwas weiter nach Norden ausbreiten.

Die beiden untersten Decken sind tektonisch intensiv betroffen, zum Teil ausgewalzt, zum Teil zerrissen und in Phakoide[1] und Breccien von großer Mächtigkeit aufgelöst.

[1] E. Suess, diese Sitzungsberichte, 114. Bd., p. 734.

Die Tauerndecke im weiteren Sinne setzt zwischen Gneisen östlich von Mauterndorf mit Triasdolomit und Juramarmor ein, ist bis Tweng hin nur wenig entwickelt, breitet sich aber von da nach Nordwesten hin mächtig aus und zerfällt hier durch den Gneis- und Quarzitzug des Lantschfelds, Windsfelds und der obersten Flachau in die untere Lantschfeldecke und die obere eigentliche Tauerndecke. Die Tauerndecke zeigt, wie schon im ersten Bericht bemerkt ist, namentlich im Zuge der Glöcknerin eine ähnlich komplizierte Zusammendrängung von Teilfalten, wie sie die südlichen Decken auszeichnet. Der nördliche Teil dieser Decke aber fließt, wie schon wiederholt bemerkt wurde, wenig behindert, gleichsam frei nach Norden ab und breitet sich in echter Deckenform unter Aufbäumungen und Absenkungen aus, die in den vorhergehenden Zeilen besprochen sind. Jene gleichsinnige Zusammenfaltung, die den südlicheren Teilen des Tauerndeckensystems ein so einheitliches Gepräge gibt, macht hier einer etwas freieren Bewegung der Falten Platz, die auf ein Nachlassen der Pressung hinweist. Unweit der Rückfalte der Kalkspitzen mit nach Südwesten gewendetem Scheitel erhebt sich anscheinend ziemlich steil die Aufbäumung der Steinfeldspitze (siehe Taf. II, Fig. 3 und 4), deren Scheitel in entgegengesetzter Richtung, nach Norden blickt.

Die tektonische Gliederung im westlichen Teile des untersuchten Gebietes zwischen dem Flachau- und dem Kleinarltal ist noch nicht beendet; wir beschränken uns daher auf die Bemerkung, daß auch hier eine mehr flache Lagerung der Decken Platz greift.

Westlich vom Ennstal macht sich die nach Westen zunehmende Erhebung der Kalkphyllitzone, welche die Unterlage des Tauerndeckensystems bildet, immer mehr geltend, wie das übrigens schon aus den bisherigen Darstellungen der Literatur ersichtlich ist. Damit ist naturgemäß eine stärkere Abtragung und scheinbare Verschmälerung der Tauerndecken verbunden, die hier dem Zusammenschluß mit der Krimmler-, Zillertaler- und Brennertrias zustreben. Zwischen dem Klein- und dem Großarltal sind die Quarzite noch mächtig entwickelt. Auf ihnen liegen zahlreiche kleine Denudationsreste und Schubsplitter von Juramarmor und Triasdolomit. Bei Dorfgastein

treten die Kalke und Dolomite des Tauerndeckensystems als Breccien, Schubsplitter und Stirnpartien auf. In der Region der zunehmenden Aushebung des Tauerndeckensystems kommt die lepontinische Unterlage, die Kalkphyllite, in Fenstern unter dem Tauerndeckensystem zum Vorschein, wie besonders im Kleinarltale.

Das Tauerndeckensystem (siehe tektonische Karte) beschreibt, im großen betrachtet, einen nach Nordosten konvexen, der Kalkphyllitzone ungefähr gleichlaufenden und um das Zentralgneismassiv der Hochalmspitze als Kern angeordneten Bogen. Im Gasteiner Tale ungefähr ostwestlich streichend, schwenken die Decken weiter östlich mit den Kalkphylliten nach SE und S ein, um schließlich bei St. Michael um die Nordostecke des Hochalmmassivs herum nach SSW zurückzubiegen. Die Kalkphyllitzone oder Schieferhülle wird gegen St. Michael zu immer schmäler und in demselben Maße verengen sich auch die Kalk- und Dolomitdecken und fallen etwas steiler nach Ostnordosten ein. Der hangendste Teil unseres Deckensystems, die sogenannte Quarzitdecke mit der ihr zugehörigen Schladminger Gneismasse umspannt zwar zunächst noch in breiter Entwicklung die Kalk- und Dolomitzüge, aber mit Annäherung an das Lungauer Murtal erfährt auch diese Zone eine plötzliche Verschmälerung, ihre Grenzlinie zieht sich nach Westsüdwesten zurück und der größte Teil der gewaltigen Gneis-, Granit- und Dioritmasse verschwindet unter den granatenführenden Glimmerschiefern des Lungaus.

Sodann verschwindet in Mauterndorf nach den Aufnahmen von L. Kober zuerst die Tauerndecke, die zwischen Tweng und Mauterndorf größtenteils auf ein schmales, von Quarziten begleitetes Rauchwackenband reduziert ist. Hierauf verschwindet die Hochfeinddecke und endlich die höhere Falte der Speiereckdecke und nur die tiefste Falte dieser Decke erreicht über Trogtrey mit südsüdöstlichem bis südlichem Streichen das Murtal bei St. Michael. Leider verhindert das aufschlußlose weite Becken von Mauterndorf die unmittelbare Beobachtung des Kontaktes der Deckenausläufer mit dem vorliegenden Granatenglimmerschiefer. Aber die gesamten geologischen Verhältnisse und besonders die noch zu besprechenden Aufschlüsse des Katschbergsattels machen den Eindruck, wie

wenn die weitere Fortsetzung dieser Decken nach Süden unter dem Granatenglimmerschiefer zu suchen wäre, gleichgültig ob sie noch eine längere oder, was vielleicht wahrscheinlicher ist, nur eine kürzere Strecke weit ausgebildet sind.

In der Gegend des Katschbergpasses haben die beiden Zonen der Kalkphyllite und des Tauerndeckensystems, die im Norden des Zentralgneismassivs gewaltige, weit ausgedehnte Gebirge bilden, zusammen nur noch eine Breite von 3·5 bis 4·5 *km* und eine Mächtigkeit von vielleicht 1 *km*.

Mit der außerordentlichen Verschmälerung der Gesteinszonen am Ostrande des Hochalmmassivs gehen auch andere Veränderungen der geologischen Verhältnisse Hand in Hand. Zwar die großen Hauptzüge des geologischen Baues und der Zusammensetzung bleiben ja dieselben; auch hier kann man Triasdolomit, Juramarmor und selbst Pyritschiefer ohne Schwierigkeit unterscheiden und den weißen Quarzit und, wie ich glaube, auch schieferigen Gneis erkennen, auch hier ist der Kontakt zwischen dem Tauerndeckensystem und der Schieferhülle anormal, auch hier folgt über dem Quarzit stets zunächst Juramarmor und erst über diesem Triasdolomit, auch hier liegt zwischen Quarzit und Juramarmor stellenweise Rauchwacke und endlich tritt auch hier im Liegenden der Kalk- und Dolomitzone nur sehr wenig Quarzit, im Hangenden aber die Hauptmasse von Quarzit- und Gneisschiefer auf. Aber im übrigen sind die Veränderungen weitgehend.

An Stelle zusammenhängender Dolomit- und Kalkbänder erscheinen hier kleine zerrissene, von Quarzit- und Gneisschiefer umgebene Fetzen und Schollen. Jede einzelne Kalk-Dolomitscholle zeigt einen komplizierten Gesteinswechsel bei im allgemeinen oder selbst streng isoklinaler Lagerung. Die tektonische Deutung ist dadurch außerordentlich erschwert. Bei St. Michael schließen mehrere kleine Steinbrüche grau und weiß gestreiften, marmorisierten Bänderkalk auf, der isolierte flache oder linsenförmige, wie gewalzt aussehende Dolomitschollen umschließt. Ein entsprechendes Gestein ist in der normal entwickelten Region des Tauerndeckensystems nicht bekannt, wohl aber gleichen die Dolomitlinsen petrographisch dem Gyroporellendolomit, die sie umfließenden Bändermarmore

dem Juramarmor. Der Gedanke an eine mechanische Verwalzung dieser Bildungen, wie man sie ja auch aus anderen Teilen der Alpen kennt,[1] liegt hier ziemlich nahe.

Eine weitere auffallende Erscheinung bildet hier die allgemeine starke Reduktion der Gesteinsmächtigkeiten. Diese Reduktion kann nicht etwa der Denudation zugeschrieben werden, das ergibt sich am deutlichsten aus dem Umstande, daß am Katschberge sowohl im Hangenden von Dolomit wie auch in dessen Liegendem Juramarmor vorkommt. Wir müssen daher diese Mächtigkeitsverminderung ebenso wie die Zerreißung der Schollen auf tektonische Vorgänge, Streckung und Auswalzung zurückführen.

Sämtliche Schichtengruppen haben an dieser Reduktion Anteil, besonders aber der Triasdolomit, der an Masse und Verbreitung unverhältnismäßig stark zurücktritt und dessen normaler Gesteinstypus hier fast gar nicht vorkommt. Auch die petrographische Beschaffenheit zeigt gewisse Veränderungen.

Der Juramarmor enthält häufig etwas mehr Glimmer als sonst und ist deutlicher körnig; auch der Triasdolomit ist anscheinend etwas stärker krystallin. Der Quarzit zeigt keine Veränderung; der Gneis scheint hier in jene grünlichgrauen Chloritserizitschiefer mit wellig verbogenen Schieferungsflächen und Quarzschwielen umgewandelt zu sein, die von den Serizitschiefern des Quarzits so schwer zu unterscheiden sind und die wir bereits im Bereiche der normalen Entwicklung kennen gelernt haben.[2] Während aber in dieser letzteren Region auch deutliche oder wenigstens erkennbare Gneise mit diesen Schiefern vereinigt auftreten, scheint die Gneisserie hier nur durch die gänzlich entstellten Serizitchloritschiefer vertreten zu sein.

Diese Eigentümlichkeiten des Tauerndeckensystems sowie der Umstand, daß sie sich in einer Region einstellen, in der

[1] Vergl. E. Steinmann, Über Gesteinsverknetungen. Festband des Neuen Jahrbuchs, 1907, p. 330.

[2] F. Becke, der die Schieferhülle der Katschberghöhe erschöpfend dargestellt hat, bezeichnete diese Schiefer provisorisch als Katschbergschiefer und betrachtete sie vorerst als oberste Zone der »Schieferhülle«. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Klasse, 1908, 117. Bd., p. 389 (19).

auch die Schieferhülle äußerst reduziert ist, scheinen darauf hinzuweisen, daß sich die Bewegung des Tauerndeckensystems hier unter sehr hoher Belastung und Spannung vollzog. Die geologischen Verhältnisse der Gegend zwischen dem Speiereck und dem Katschberg machen nicht den Eindruck einer Stirnregion, noch weniger den der Absenkungs- und Ausbreitungsregion, wohl aber könnte man sie vielleicht mit der Annahme vereinbar finden, daß wir es hier schon mit einem Randteile der Scheitelregion zu tun haben, die sich über der hochgespannten Zentralgneiskuppel ausgedehnt haben muß. Die Gegend zwischen dem Speiereck, dem Hochfeind und Tweng zeigt uns den allmählichen Übergang dieser Scheitelregion in die Absenkungs- und Ausbreitungsregion von Ober- und Untertauern und Umgebung und der westlichste Teil zwischen dem Kleinarltal und dem Gasteiner Tal führt uns endlich in die Stirnregion. Der Viertelbogen zwischen Dorfgastein und dem Katschberg vermittelt also einen, wenn auch beschränkten Einblick in sämtliche Hauptregionen der Decken mit Ausschluß der Wurzel- und Anstiegsregion.

Manche Beobachtungen L. Kober's zwischen Tweng und Zederhaus und auch das Gesamtbild der geologischen Verhältnisse scheinen, wie oben bemerkt, dafür zu sprechen, daß die Kalk- und Dolomitdecken dieser Gegend nicht eben tief unter die Schladminger Masse eingreifen, sondern so ziemlich schon der Stirnregion entsprechen. Sollte dieser Rückzug der Decken nach Süden an der Ostseite des Hochalmmassivs Bestätigung finden, so wäre hier wohl ein rascher Übergang des Scheitelteiles in den Stirnteil anzunehmen, Partien des Deckensystems, die im Norden und Nordosten des Zentralgneismassivs durch eine weite Ausbreitungsregion voneinander getrennt sind. Möglicherweise betrifft dieser Rückzug nur die obersten Teildecken, während die tiefste vielleicht eine längere Fortsetzung in östlicher Richtung besitzt.

Die Katschberglinie.

Am Ostrande des Hochalmmassivs liegen auf den Katschbergschiefern und dem Tauerndeckensystem fast schwebend

die alten Granatenglimmerschiefer des Lungaus, wie das aus dem schönen Durchschnitte F. Becke's (l. c. Tafel) deutlich ersichtlich ist. Der Kontakt zwischen dem Granatenglimmerschiefer und den Katschbergschiefern, beziehentlich der »Schieferhülle«, ist schon von G. Geyer[1] zutreffend als Störungslinie bezeichnet und von C. Diener[2] ist diese Linie mit besonderem Nachdruck hervorgehoben worden. Beide Autoren erblickten in dieser Linie eine Transversalstörung und brachten sie mit der Überschiebung der krystallinen Schiefer des Gurpetschegg über die Gyroporellendolomite bei Tweng (Frech's Taurachbruch) in Verbindung. Diese Anschauung scheint auch F. Frech[3] zu teilen. P. Termier[4] nannte diesen anormalen Kontakt die Linie Lungau—Katschberg, F. Becke[5] Katschberglinie.

Eine transversale Störung im wahren Sinne des Wortes ist mit der Katschberglinie nicht verbunden; sie verläuft ja parallel zum Streichen der Gesteinszonen des Katschberges und zeigt nur deshalb eine zum allgemeinen Ostalpen-Streichen quere Stellung, weil sich die großen, weit ausgebreiteten Deckenüberschiebungsflächen der Tauern hier am Ostrande des Hochalmmassivs gleichsinnig mit der Senkung dieses Massivs nach Osten neigen. Der Schnitt mit der Denudationsfläche ergibt daher eine ungefähr nordsüdliche Linie.

Auch die vermutete Verbindung der Katschberglinie mit der Überschiebung der Gneise des Gurpetscheggzuges über die Tauerndecke bei Tweng trifft nicht zu. Diese letztere Überschiebung, die dem Kontakte der Quarzitgneisdecke mit der Tauerndecke entspricht, läßt sich bis Mauterndorf verfolgen. Die Niederung von Mauterndorf ist für weitere Verfolgung dieser Linie nicht günstig, wahrscheinlich verschwindet die Linie samt der Tauerndecke unter dem Granatenglimmerschiefer

---

[1] Verhandlungen der geolog. Reichsanstalt 1892, p. 319 bis 327, 1893, p. 59.

[2] Bau und Bild der Ostalpen, 1903, p. 454.

[3] Vergl. die tektonische Karte der Alpen in Petermann's Mitteilungen, 1908, Taf. 17.

[4] Bull. soc. géol. France, 4. sér., t. III, 1903, p. 742.

[5] L. c. p. 32 (402).

südlich von Mauterndorf. Tektonisch gleichwertige Kontaktflächen, an denen die Teilung des Tauerndeckensystems in schon besprochener Weise zwischen Mauterndorf und dem Speiereck stattfindet, streichen nach Südsüdosten und Süden und eine von ihnen, vielleicht die innerste, führt zum Katschberg und erscheint daselbst als Kontakt zwischen Juramarmor einerseits und Quarzit und Gneis (Katschbergschiefer) andrerseits. Das ist eine Fläche, die tiefer liegt, als die Fläche der Katschberglinie und deren Durchschnittslinie mit der Denudationsfläche westlich von der Katschberglinie zutage tritt.

Die Verwechslung von Strukturflächen ist am Katschberge ziemlich naheliegend, da hier wie am ganzen Ost- und wohl auch am Südrande des Hochalmmassivs mehrere Strukturflächen einander sehr näherücken, die weiter nach Norden durch gewaltige Gesteinsmächtigkeiten auseinandergehalten sind.

Die unterste dieser anormalen Kontaktflächen der Katschbergregion entspricht dem Kontakte der lepontinischen Schieferhülle mit dem darüber liegenden Gneis (Katschbergschiefer) und Quarzit des Tauerndeckensystems (1. der tektonischen Karte). Das äußerst reduzierte Tauerndeckensystem zeigt in sich mindestens zwei anormale Kontakte: einen unteren, zwischen dem liegenden, wenig mächtigen Gneis-Quarzitband und dem darüber liegenden Kalk und Dolomit (2. der tektonischen Karte) und einen oberen zwischen dem Dolomit und Kalk und dem darüber liegenden mächtigeren Gneis- oder Katschbergschieferzug (Linie 3 der tektonischen Karte). Wo die Kalk-Dolomitschollen zerrissen und ausgequetscht sind, fallen die Flächen 2 und 3, welche den Teilungen des Tauerndeckensystems entsprechen, in eine zusammen. Man kann diese Linien in die Speiereckregion verfolgen; die abnormalen Kontakte bei Tweng, im Lantschfeld und in Obertauern bilden nicht ihre direkte Fortsetzung, sondern gesellen sich ihnen als tektonisch gleichwertige Linien hinzu.

Die vierte Linie endlich, die Katschberglinie, entspricht, wie schon bemerkt wurde, dem Kontakt zwischen Granatenglimmerschiefer im Hangenden und dem Katschbergschiefer im Liegenden. Da über letzterer der Schladminger Gneismasse

angehört und ihr tektonisch in gewissem Sinne trotz der gewaltigen Mächtigkeitsdifferenz gleichwertig ist, so ist die wahre Fortsetzung der Katschberglinie nördlich und östlich vom Katschberge durch den Kontakt der Schladminger Masse und den Granatenglimmerschiefer gegeben. Diese Kontaktlinie beschreibt zuerst einen regelmäßigen nach Nordwesten konvexen Bogen durch die Ortschaften St. Martin bis St. Michael und Pegörlach bei Mauterndorf und wendet sich sodann über Vordergöriach und Lessach nach Osten. Leider ist gerade der letztere Teil des Kontaktes zwischen Mauterndorf und Lessach nicht gut bekannt und es wäre hier eine Ergänzung unserer Kenntnisse sehr erwünscht. Von Lessach streicht die Kontaktlinie nach den Darstellungen von G. Geyer[1] und M. Vacek[2] über Krakaudorf gegen Schöder, um nun die Schladminger Masse in einem entgegengesetzt, d. i. nach Osten konvexen Bogen zu umziehen und schließlich über St. Nikolai schräg über die ganze Tauernbreite nach Nordwesten zu lenken.

Sieht man von der gleichsam nur übertriebenen Ausbauchung der Schladminger Masse zwischen Schöder und Mauterndorf ab, so ergibt sich eine Linie, die dem Hauptstreichen des Tauerndeckensystems im wesentlichen gleichsinnig verläuft. Gleichsinnige Bewegung deutet auch das Einfallen der Gneismassen an, denn dieses richtet sich nach den Feststellungen von Vacek[3] und Geyer[4] an der nordöstlichen Grenze der Schladminger Masse bei Nikolai nach Nordosten, an der südlichen Grenze vom Hochgolling an nach Süden.

Um nun die tektonische Bedeutung der Katschberglinie voll würdigen zu können, wird man nicht nur den Teil dieser Linie an der Ostseite des Hochalmmassivs, wo der anormale Kontakt und die Überschiebung klar zutage treten, in Betracht ziehen müssen, sondern auch den nordöstlichen Teil am Rande der Schladminger Gneismasse. Hier aber scheint kein anormaler

[1] Verhandl. geol. Reichsanst. 1894, p. 49 bis 60 und Kartenblatt Murau in 1 : 75.000, Verlag der k. k. Geolog. Reichsanstalt.

[2] Verhandl. geol. Reichsanst. 1901, p. 372.

[3] Verhandl. geol. Reichsanst. 1893, p. 389.

[4] Verhandl. geol. Reichsanst. 1893, p. 52.

Kontakt mehr zu bestehen, man hat vielmehr nach G. Geyer's und C. Doelter's[1] Beschreibung einen allmählichen Übergang vom Gneis zum Glimmerschiefer anzunehmen.

Es ist hier nicht der Ort, um diese tektonische Frage zu besprechen, die nur im Zusammenhange mit dem Baue der gesamten ostalpinen Zentralzone erörtert werden kann; ich begnüge mich vorläufig mit dem Hinweise auf diese Verhältnisse und möchte nur noch über Termier's Linie Lungau—Katschberg einige Worte hinzufügen. Da der französische Forscher in seiner so bedeutungsvollen Ostalpensynthese die Tauerndecken dem ostalpinen System zurechnet, so entspricht seine Linie Katschberg—Lungau nicht unserer Katschberglinie (4), sondern dem Kontakt zwischen der lepontinischen Schieferhülle und dem Tauerndeckensystem, also unserer Linie 1, die westlich vom Katschberg unter dem Gipfel des Tschaneck hindurchzieht. Leider ist die südliche Fortsetzung unserer Linien nicht genau bekannt und namentlich das Verhalten unserer Linien an der Südostecke des Hochalmmassivs ist im Detail noch unaufgeklärt. Indessen ist es wohl sichergestellt, daß die lepontinische Schieferhülle sowie die sie überlagernden alten Glimmerschiefer um die Südostecke des Hochalmmassivs herum nach Westen ziehen, um im Mölltal in die entsprechenden Bildungen am Südrande des Massivs überzugehen.[2] Man muß es daher als sehr wahrscheinlich bezeichnen, daß die von Termier vorgenommene Verschmelzung unserer Linien mit jener altbekannten tektonischen Hauptlinie, die im Süden der Zentralgneiskerne in Kärnten und Tirol den Kontakt der Schieferhülle, beziehentlich einer Triaszone, mit dem Granatenglimmerschiefer und altem Gneis vermittelt (Matreier Überschiebung Diener's,[3] Linie Windisch-Matrei—Sprechenstein), dem Wesen nach richtig ist. In diesem Sinne ist das Vorkommen der mesozoischen Schollen am Ostrande des Hochalmmassivs in der Tat ein starkes Argument zugunsten

[1] Das krystallinische Schiefergebirge der Niederen Tauern. Mitteil. d. naturwiss. Ver. f. Steiermark, Graz 1897.

[2] F. Berwerth, Akadem. Anzeiger 1898, p. 12, 13.

[3] Bau und Bild der Ostalpen, Wien 1903, p. 453.

des Deckenbaues der Ostalpen, wie schon Termier[1] betont hat.

Der Mandlingzug.

Schon im ersten Berichte wurde hervorgehoben, daß dieser merkwürdige Zug triadischer Gesteine mit Unrecht mit dem Tauerndeckensystem vereinigt wurde. Die Fazies beider Gebilde ist, wie auch schon oben bemerkt wurde, verschieden und die klaren Lagerungsverhältnisse beweisen unzweideutig, daß eine unmittelbare Verbindung zwischen ihnen nicht besteht. Das Tauerndeckensystem zeigt noch manche enge Verwandtschaft mit der lepontinischen Schieferhülle, der Mandlingzug ist dagegen ebenso wie seine Unterlage, die Grauwackenzone, echt ostalpin im Sinne von E. Suess.

Als zusammenhängendes Band setzt der Mandlingzug bekanntlich bei Altenmarkt-Flachau ein, streicht von hier geradlinig nach Ostnordosten und erreicht zwischen St. Rupert am Kulm und Haus im Ennstal mit nördlicher Schichtenneigung den Kalkzug des Dachsteins, von dem er bei Altenmarkt durch ein ungefähr 8 *km* breites Band von Phylliten und anderen Gesteinen der ostalpinen Grauwackenzone getrennt ist (siehe Übersichtskarte). Spuren dieses Dolomitzuges sind aber noch viel weiter nach Westen zu verfolgen, denn es kann kaum zweifelhaft sein, daß die Rauchwacken-Dolomite von Lend und die weißen und rosaroten Dolomite zwischen Lend und Schwarzach-St. Veit[2] zum Mandlingzuge gehören. Bei Lend ist natürlich der Abstand vom Schichtkopfe des Dachsteinzuges, der hier vom Hochkönig gebildet wird, noch etwas größer.

Das merkwürdige Auftreten dieses geradlinigen Sporns von ostalpinen Triasgesteinen, der spießwinkelig mit dem Dachsteinzuge zusammentrifft und an den das Vorkommen von Nummulitenkonglomeratblöcken gebunden ist, bildet sicherlich eine der markantesten tektonischen Erscheinungen der Ostalpen. Über das Zustandekommen dieser Erscheinung scheint

[1] Bull. soc. géol. France, 1905, 4. sér., t. V, p. 626.

[2] Vielleicht auch gewisse Dolomite südlich von St. Johann.

der Beginn dieses Zuges zwischen Lend und Schwarzach-St. Veit wertvolle Aufschlüsse zu bieten. Die lepontinischen Kalkschiefer und Bänderkalke (Klammkalke) fallen hier nach Norden steil zur Tiefe ein, ihnen liegen die sogenannten Pinzgauer Phyllite vor, die über die lepontinischen Kalke ebenso steil in die Tiefe tauchen und die schmalen Dolomitfetzen des Mandlingzuges mitnehmen.

Diese Lagerungsverhältnisse sowie das schnurgerade Streichen des Mandlingzuges und seine Sporn- oder Spanform machen den Eindruck, wie wenn bei dem übersteilen Hinabtauchen der Pinzgauer Phyllite der »Grauwackenzone« in der Gegend zwischen Lend und Schwarzach-St. Veit auch eine triadische Basalschuppe mitgezogen und so tief in die Unterlage versenkt worden wäre, daß sie an dem am tiefsten hinabgetauchten Westende abriß und nicht mehr mitkommen konnte, während sie an dem flacher lagernden Ostende mit den ostalpinen Kalken in engerer Berührung oder selbst in ungestörtem Zusammenhange verblieb. Auch scheint es, wie wenn die ostalpine Kalkdecke infolge der Abscherung des Mandlingzuges diesen in der westlichen Partie gleichsam überfahren hätte und etwas rascher über ihre eigene Unterlage nach Norden hinweggegangen wäre als in der östlichen, wo sie durch den Zusammenhang mit dem Mandlingspan aufgehalten wurde.

Ein weiterer Umstand, der zur Entstehung des Mandlingzuges beigetragen haben mochte, besteht vielleicht in der freieren Beweglichkeit des ostalpinen Deckensystems. Es besteht in dieser Beziehung ein leicht ersichtlicher Gegensatz zwischen dem ostalpinen und den tieferen Deckensystemen. Die lepontinische »Schieferhülle« und der Zentralgneis erscheinen wie aus einem Guß, mit einem auffallend einheitlichen Bewegungszug, der den Eindruck macht, unter einem enormen, alle Differenzen beseitigenden Druck erzwungen zu sein. Das daraufliegende Tauerndeckensystem zeigt schon etwas mehr Freiheit der Bewegung und hier wieder am meisten die oberste Gneis-Quarzitdecke und besonders die Granatglimmerschieferdecke.[1] Mit noch größerer Freiheit und Unabhängigkeit bewegt

[1] Sehr deutlich tritt diese tektonische Verschiedenartigkeit auf dem engen Raume des Katschbergprofiles hervor und wurde hier auch von F. Becke

sich das oberste, das ostalpine Deckensystem. Widerstandsdifferenzen, bedingt durch die unruhig wellige Oberfläche und das verschiedene Gefälle der Decken, die bei den tieferen Decken infolge gewaltigen Druckes überwunden wurden, konnten bei der obersten Decke zur Geltung kommen und das Abscheren des Mandlingspornes ermöglichen. In diesem Sinne betrachtet, wäre der Mandlingzug als ein gigantischer Schubsplitter oder Schubspan aufzufassen.

Die tektonische Beeinflussung des Mandlingzuges äußert sich in dem Vorhandensein zahlloser, mit Harnischen versehenen Gleit- und Quetschflächen und innerer Zertrümmerung und Breccienbildung. Auch der Gyroporellendolomit der Tauern hat häufig eine brecciöse Beschaffenheit; während aber die Breccienfragmente des Tauerndolomits durch weißen krystallinen Dolomit und Kalk zu einem vollkommen kompakten einheitlichen Gestein von gleichmäßiger Beschaffenheit verkittet sind, sind die Fragmente des Mandlingdolomits nahezu lose (Stur's Brecciendolomit). Vielleicht kommt auch hierin die geringere Belastung zum Ausdruck.

Wie sich der Mandlingzug zu der von Haug und Lugeon vorgeschlagenen Gliederung des ostalpinen Deckensystems in vier Teildecken verhält, und wie sich der Anschluß an den Dachsteinzug im einzelnen vollzieht, welches die Bedeutung der kohleführenden Tertiärablagerungen des Mandlingzuges ist, und wie sich die Pinzgauer Phyllite zur Gneis-Quarzitserie verhalten, darüber möchte ich erst nach Beendigung der Untersuchungen im Gebirge berichten und hier nur noch einige Zeilen anschließen, die mir Dr. F. Trauth über die Ergebnisse seiner Arbeiten im Gebiete des Mandlingzuges und der Grauwackenzone bei Radstadt zur Verfügung stellt:

»Die Radstädter Quarzitdecke scheint nordwärts unter einen Zug von zum Teil serizitisch-chloritischen Pinzgauer Phylliten einzuschießen, welche von Wagrein über den Niederwald (nördlich vom Grieskareck), Hafnach (nördlich des Laheitberges), den nördlichen Teil des Labeneckwaldes (südlich von

besonders betont. Bericht über die Aufnahmen am Nord- und Ostrande des Hochalmmassivs, p. 23.

Radstadt), den vorderen Fagerwald (südöstlich von Radstadt) und den Gleimingerberg nach Ostnordosten streichen und gelegentlich auch unter den diluvialen Terrassenschottern der Schladminger Ramsau hervorblicken. Diese Pinzgauer Phyllite bilden die Unterlage des Mandlingzuges, welchen ich von dem Bauerngute Feuerfang im Flachautale bis in die Gegend nördlich von Haus im Ennstale (östlich von Schladming) verfolgt habe.

An der Zusammensetzung dieser Bergkette, über deren tektonisches Verhältnis zum Dachsteingebirge ich erst später berichten will, da meine diesbezüglichen Untersuchungen noch keinen Abschluß gefunden haben, beteiligen sich folgende, nordwärts fallende Schichtglieder:

a) Wenig mächtige, dunkle Schiefer sowie schwärzliche, graugrüne oder rötliche sandig-kieselige Gesteine, welche am Südrande des triadischen Mandlingdolomites zwischen Feuerfang (Flachautal) und dem Unterlaufe des Forstaubaches aufgeschlossen sind. Denselben dürften weiter östlich die ihnen in lithologischer Hinsicht nicht unähnlichen sandigen Werfenerschiefer entsprechen, die zwischen dem Südhange des Resingberges (nördlich von Oberhaus) und Aichberges (nördlich von Aich im Ennstale) ausbeißen.

b) Die tieferen Lagen des brecciösen Dolomites der Mandlingkette erscheinen in deren westlichem Abschnitte häufig schwärzlichgrau gefärbt; als die östliche Fortsetzung dieser dunklen Partien möchte ich die schwärzlichen Kalk- und Dolomitbänke betrachten, welche vom Südende der zwischen dem Sattel- und Resingberg eingeschnittenen Schlucht gegen den Aichberg hinstreichen (Guttensteiner Schichten).

c) Die hellen, brecciösen Dolomite, welche den Hauptbestandteil des Mandlingzuges ausmachen (Ramsau- und vielleicht zum Teil Hauptdolomit).

d) Den Nordhang unserer Bergkette mit seinen gegen die Enns abstürzenden Wänden bilden zwischen der Region östlich der Kerschbaumermühle (bei Radstadt) und der Brandscharte (südlich von der Eisenbahnstation Mandling) die schon einmal (vergl. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. CXV, p. 1730) erwähnten, hellen, von einem

roten Geäder durchzogenen, knolligen Kalke, welche an der Nordseite des Unter-Zaimberges Durchschnitte von Megalodonten geliefert haben und vermutlich ein Äquivalent des Dachsteinkalkes darstellen. Ihre tiefsten, also an den hellen Brecciendolomit *c)* angrenzenden Lagen werden von einem hellgrau- und rotscheckigen Kalk eingenommen.

Die Schichtfolge der Mandlingkette zeigt demnach eine gewisse nicht zu verkennende Verwandtschaft mit jener der benachbarten Dachsteindecke, deren Ablagerungen freilich ungleich mächtiger sind, dagegen unterscheidet sie sich aufs deutlichste von der Sedimentserie der Tauerndecke.

Das sogenannte »Eozän von Radstadt« umfaßt einige kleine, am Nordfuße des Mandlingzuges, und zwar in geringer Höhe über dem Ennstalboden südöstlich von der Kerschbaumermühle und südlich vom Gehöfte Doppellehen (dieses zwischen Eggl und Brunn der Spezialkarte), sowie etwa an der Kote 1000 *m* südlich von Brunn gelegene Konglomeratlappen, welche unter anderem Gerölle von Quarz, ferner von nummulitenführenden Sandsteinen und Kalken enthalten und auf dem knolligen Triaskalk *d)* aufzuruhen scheinen. Nachdem sich also die eozänen Nummuliten auf sekundärer Lagerstätte vorfinden, werden wir diese Konglomerate für jünger halten müssen, als man sie bisher betrachtet hat, wobei wir die Frage, ob es sich dabei um eine oligozäne oder miozäne Bildung handelt, noch offen lassen müssen.

Es liegt nun nahe, die tertiären Letten bei der Kerschbaumermühle nächst Radstadt, ferner die kohlenführenden Tertiärablagerungen, welche sich von dem Bauernhofe Stadtlehen (nördlich von Wagrein) in ostnordöstlicher Richtung bis in die Nähe des Gehöftes Triegl (südöstlich von Reitdorf) verfolgen lassen und die durch Lignitflötze ausgezeichneten Tertiärschichten auf der Stoderalpe (nördlich von Aich) und bei Tipschern (östlich von Gröbming) in einen näheren Zusammenhang zu bringen. Vielleicht kommt allen diesen Vorkommnissen das gleiche geologische Alter zu, vielleicht ist jedoch das Nummulitengesteinsblöcke einschließende Konglomerat bei Radstadt etwas älter als die später genannten Bildungen.

Die natürliche Basis des mit mäßiger Neigung gegen Süden verflächenden »Wagreiner Tertiärzuges«, dessen Konglomeratbänke hauptsächlich Rollsteine von Pinzgauer Phyllit, Quarz und gewissen, der nächsten Umgebung fremden Graniten enthalten, bilden die nördlich davon anstehenden Pinzgauer Phyllite des Ascheck- und Blümeck-Südfußes und des Ebenfeldes (südwestlich von Altenmarkt). Diese beherbergen östlich von Thurnhof im Südwesten des Ebenfeldberges ein vor Jahren durch die Flachauer Gewerkschaft abgebautes Eisenerzlager (Siderit und etwas Hämatit), welches mit einem Grünschiefer verknüpft ist und Gerölle in die ihm hier aufgelagerten Sedimente des Wagreiner Tertiärzuges abgegeben hat. Dagegen vermissen wir in dem letzteren Gerölle des sich ihm nach Süden hin unmittelbar anschließenden Mandlingdolomites, weshalb wohl die Grenze zwischen diesen beiden Bildungen tektonischer Natur sein dürfte.

Das räumlich sehr beschränkte Tertiärvorkommen der Stoderalpe streicht von Osten nach Westen und scheint nordwärts einzufallen, wobei es im Süden von den hellen Triasdolomiten, welche gleich nördlich unter dem Dachsteinkalk des Stoderzinken anstehen, unterlagert wird. Sein Hangendes stellen die gegen Norden verflächenden Dachsteinkalke des Bärendumpfkogels dar.

Zum Schlusse sei noch kurz einiger Grünschieferbänder gedacht, welche südlich unter dem Gipfel des Hochgründecks (nördlich von Wagrein), sowie zwischen der Tannkoppenhöhe (nordwestlich von Radstadt) und der Ortschaft Eben als Einschaltungen in den Pinzgauer Phylliten auftreten.«

Erklärung zu Tafel I.

Westliches Talgehänge von Untertauern, Radstädter Tauern, Salzburg, aufgenommen von der gegenüberliegenden Seite, nahe dem Wege zur Lürzenscharte.

Ansicht des Untertaurer Fensters der Tauerndecke. Der untere Teil des Gehänges zeigt wohlgeschichteten Triasdolomit, darüber liegt ein schmales Band von Pyritschiefer *(Py)*, Jurabändermarmor (Jura) und braunem Mylonit *(My)*, das wegen der Verkürzung und Unebenheit des Terrains nur schematisch verzeichnet werden kann. Diese Schichtenfolge der Tauerndecke ist von Serizitquarzit in großer Mächtigkeit überdeckt. Die Absenkung der Decke unter den Talgrund erscheint wegen des schrägen Anschnittes der Schichten durch das Gehänge etwas flacher, als es der Wirklichkeit entspricht. Man erkennt das an der in der Photographie besonders bezeichneten Stelle, an der die Schichten fast senkrecht zum Streichen geschnitten sind und daher eine bessere Vorstellung der Lagerungsverhältnisse vermitteln.

Erklärung zu Tafel II.

Figur 1.

Entwicklung der Juraformation an der Belemnitenfundstelle im Großwandkar zwischen Großwand und Pleislingkeil, Radstädter Tauern. Oberer Durchschnitt. Siehe p. 1381.

a) Pyritschiefer, nach oben mit schieferigen dunklen Kalkbänken.

b) Juramarmorfetzen, durchsetzt von Pyritschiefer, 1·5 *m*.

c) Juracrinoidenkalk, zum Teil zertrümmert mit Flasern von Pyritschiefer, 1·5 bis 2 *m*, Belemniten führend.

d) Crinoidenmarmor, zirka 20 *m*.

e) Weißer und grauer, streifiger, plattiger Kalk, ungefähr 25 *m*.

f) Weißer und gelblicher Juracrinoidenmarmor.

g_1) Grauer und gelbroter marmorartiger Dolomit, zu oberst an der Grenze gegen den Pyritschiefer mit einer Lage von gelbbraunem Eisendolomit.

g_2) Grauer Triasdolomit.

Figur 2.

Entwicklung der Juraformation an der tieferen Belemnitenfundstelle im Großwandkar (zwischen Großwand, Hirschwand und Pleislingkeil, Radstädter Tauern). Siehe p. 1381.

a) Pyritschiefer.

b), *c*) Gelbgrauer Crinoidenmarmor der Juraformation, von einzelnen dünnen Pyritschieferlagen durchsetzt.

d) Gelblicher Crinoidenmarmor. Die punktierte Bank ist reich an Belemniten.

e) Grauer und gelblicher streifiger Kalk.

p) Pyritschiefer mit Lithodendronbänken.

j) Juramarmor.

Figur 3.

Durchschnitt des Tauerndeckensystems, etwas vereinfacht, von Gries im Zederhaustal bis in das Ennstal bei Radstadt. Die südliche Partie des Durchschnittes zwischen Lantschfeld und Zederhaus ist von Dr. L. Kober entworfen. Maßstab 1:75.000.

a) Lepontinisches System: *Kph* Kalkphyllitgruppe der »Schieferhülle« mit Grünschieferlagen.

b) Tauerndeckensystem:

1. Schieferiger Gneis.
2. Serizitquarzit und Serizitquarzitschiefer.
3. Gyroporellendolomit.
4. Pyritschiefer und Juramarmor mit Crinoiden und Belemniten.
5. Rauchwacke und Reibungsbreccie.

c) Ostalpines System:

a) Pinzgauer Phyllit.
b) Dunkle kieselige Schiefer des Mandlingzuges.
c) Brecciendolomit des Mandlingzuges.

I. Anormaler Kontakt zwischen dem lepontinischen und dem Tauerndeckensystem.

II. Anormaler Kontakt zwischen der Kalk-Dolomitserie und der Gneis-Quarzitserie im Liegenden.

III. Anormaler Kontakt zwischen der Kalk-Dolomitserie im Liegenden und der Quarzit-Gneisserie (Quarzitdecke) im Hangenden.

IV. Anormaler Kontakt zwischen dem Tauerndeckensystem und der ostalpinen »Grauwackenzone«.

A Speiereckdecke, *B* Hochfeinddecke,
C Lantschfelddecke, *D* Tauerndecke.

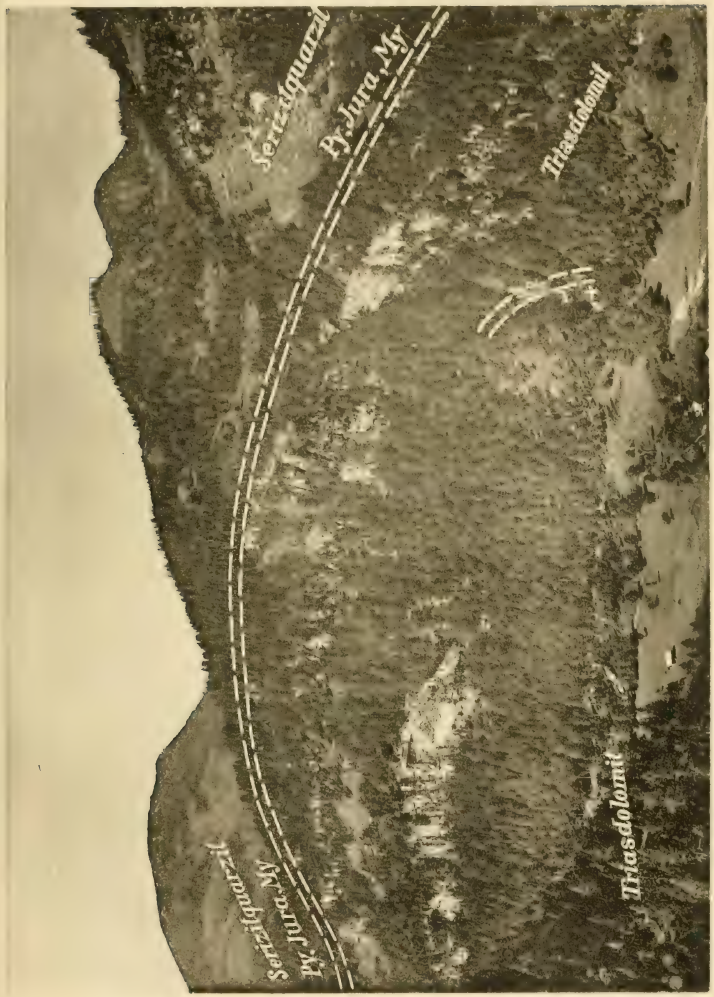
Figur 4.

Durchschnitt der Tauerndecke zwischen dem Lantschfeld, Obertauern und dem Lungauer Kalkspitz, etwas vereinfacht. Für die Gegend des Kalkspitz und Kamp zum Teil nach den Aufnahmen von F. Seemann. Maßstab 1:75.000.

1. Schieferiger Gneis.
2. Serizitquarzit und Serizitquarzitschiefer.
3. Gyroporellendolomit.
4. Pyritschiefer und Juramarmor mit Crinoiden und Belemniten.
5. Rauchwacke und Reibungsbreccie.

II. Anormaler Kontakt zwischen der Kalk-Dolomitserie und der Gneis-Quarzitserie im Liegenden.

III. Anormaler Kontakt zwischen der Kalk-Dolomitserie im Liegenden und der Quarzit-Gneisserie (Quarzitdecke) im Hangenden.



Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

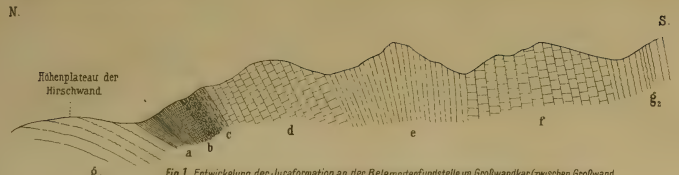


Fig. 1. Entwickelung der Juraformation an der Belemnitenfundstelle im Großwandkar (zwischen Großwand und Pleislingkeil, Radstädter Tauern) Oberer Durchschnitt.

Fig. 2. Entwickelung der Juraformation an der tieferen Belemnitenfundstelle im Großwandkar (Zwischen Großwand, Hirschwand und Pleislingkeil, Radstädter Tauern)

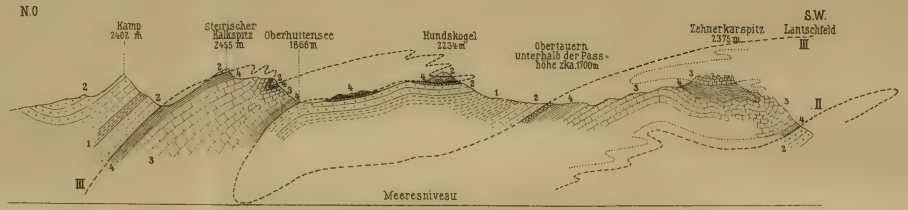


Fig. 4. Durchschnitt der Tauerndecke zwischen dem Lantschfeld, Obertauern und dem Lungauer Kalkspitz, etwas vereinfacht Maßstab 1 : 75000.

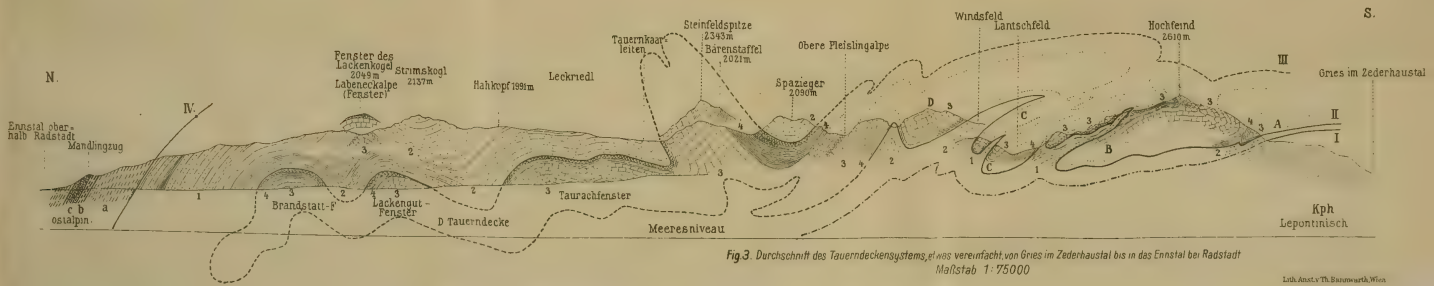
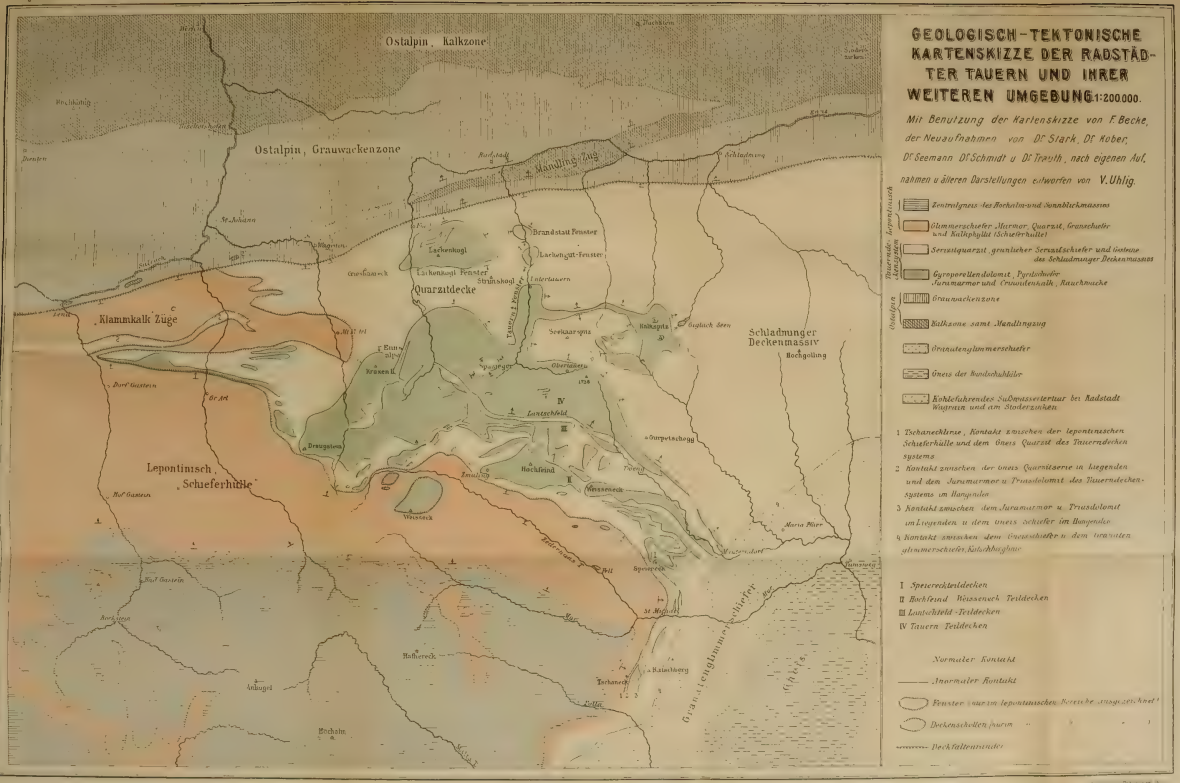


Fig. 3. Durchschnitt des Tauerndeckensystems, etwas vereinfacht, von Gries im Zederhaustal bis in das Ennstal bei Radstadt Maßstab 1 : 75000

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien


GEOLOGISCH-TEKTONISCHE KARTENSKIZZE DER RADSTÄDTER TAUERN UND IHRER WEITEREN UMGEBUNG 1:200.000.
Mit Benutzung der Kartenskizze von F. Becke, der Neuaufnahmen von Dr. Stark, Dr. Kober, Dr. Seemann, Dr. Schmidt u. Dr. Trauth, nach eigenen Aufnahmen u. älteren Darstellungen entworfen von V. Uhlig.
Zentralgneis des Hochalm- und Sonnblickmassivs
Glimmerschiefer, Marmor, Quarzit, Granschiefer und Kalkphyllit (Schieferhülle)
Serizitquarzit, grünlicher Serizitschiefer und Gesteine des Schladminger Deckenmassivs
Gyroporellendolomit, Pyrdolomit, Juramarmor und Crinoidenkalk, Rauchwacke
Grauwackenzone
Kalkzone samt Mandlingzug
Granatenglimmerschiefer
Gneis der Wandschuhfäler
Kohlefahrendes Süßwassertertiär bei Radstadt Wagrain und am Stoderzinken
1 Tschanecklinie, Kontakt zwischen der lepontinischen Schieferhülle und dem Gneis Quarzit des Tauerndeckensystems
2 Kontakt zwischen der Gneis Quarzitserie im Liegenden und dem Juramarmor u. Triasdolomit des Tauerndeckensystems im Hangenden
3 Kontakt zwischen dem Juramarmor u. Triasdolomit im Liegenden u. dem Gneis Schiefer im Hangenden
4 Kontakt zwischen dem Gneisschiefer u. dem Granaten glimmerschiefer, Kalkphyllit
I Speierechteildecken
II Hochfeind Weissenecke Teildecken
III Lantschfeld-Teildecken
IV Tauern Teildecken
Normaler Kontakt
Anormaler Kontakt
Fenster (nur im lepontinischen Bereiche ausgezeichnet)
Deckenschollen (nur im Deckfalteninnen)
Ostalpin, Kalkzone
Ostalpin, Grauwackenzone
Mandling Zug
Klammkalk Züge
Quarzitdecke
Lepontinisch, Schieferhülle
Schladminger Deckenmassiv
Granatenglimmerschiefer
Radstadt
Schladming
Lachenkogl
Lachenkogl Fenster
Brandstatt Fenster
Lachengut-Fenster
Strunskogl
Untertauern
Seekaarspitz
Kalkspitz
Giglach Seen
Hochgolling
Spaglieger
Oberlantsch
Lantschfeld
Gurpetschegg
Hochfeind
Weissenecke
Weisseck
Speiereck
Hafnereck
Tschaneck
Kaiserberg
Anhügel
Hochalm
Dorf Gastein
Hof Gastein
Bad Gastein
Dreigstein
Kreuzen
Mur
Tauern
Gr. Arl
Mariä Pfarr
Tamsweg
Schlaf
Lenz
Ohlis
Mitte

5 WHSE 00651